This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

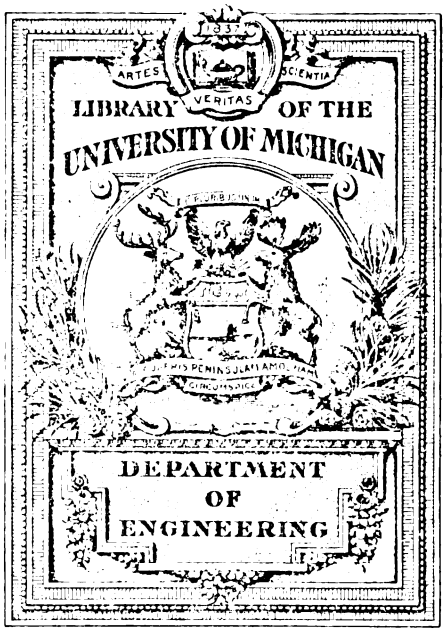
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`


ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1903

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1903

PREMIER VOLUME

PARIS

HOTEL DE LA SOCIÉTÉ

19, RUE BLANCHE, 19

—

1903

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JANVIER 1903

N° 1

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de janvier 1903, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

ASTRUC (H.). — *Le vin*, par Henri Astruc (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 208 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1902 (Don de l'éditeur). 42387

Memoria histórica, técnica y administrativa de las Obras del desagüe del valle de México 1449-1900. Publicada por orden de la Junta directiva del mismo desagüe. *Volumen I, Volumen II, Atlas* (2 vol. in-4°, 345 × 220 de xv-688 p. avec photog. et de 462 p. avec atlas même format de 31 pl.). México, Tipografia de la Oficina Impresora de Estampillas, 1902 (Don de la Secretaria de Communicaciones y Obras Publicas). 42390 à 42392

Astronomie et Météorologie.

Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages. N°s 7 et 9. Tokyo, 1902 (2 vol. in-8°, 255 × 180 de 51 p. avec 8 pl. et de 63 p. avec 22 pl). 42381 et 42382

163407

Chemins de fer et Tramways.

ALGRIN (A.). — *Note sur l'entretien et la surveillance des ponts métalliques à poutres droites rivées sous voies ferrées*, par Alphonse Algrin (in-4°, 315 × 210 de 44 p. avec 23 fig. et 3 pl. autog.). Paris, Imprimerie Millet et fils, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42394

HAGUET (H.). — *Le rachat des chemins de fer suisses et ses conséquences*, par Henry Haguet (in-8°, 230 × 145 de 128 p.). Paris, Ch. Béranger; Genève, Ch. Eggimann et C^ie^, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42385

Table des matières contenues dans les dix premiers volumes du Bulletin des transports internationaux par chemins de fer 1893-1902 (in-4°, 260 × 205 de 55 p.). 42419

Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local. Congrès international de tramways et de chemins de fer d'intérêt local. Londres 1, 2, 3 et 4 juillet 1902. Douzième Assemblée générale. de l'Union. Comptes rendus détaillés (in-4°, 310 × 210 de 270 p.). Bruxelles, Imprimerie Tr. Rein. 42403

Chimie.

BILLON (F.). — *Petite Encyclopédie pratique de chimie industrielle*, publiée sous la direction de M. F. Billon. *Les explosifs*, par M. Auguste Perret. *25^e^ volume de la collection.* — *Chaux, ciments et mortiers*, par M. Auguste Perret. *26^e^ volume de la collection.* — *Fers, fontes et aciers*, par M. Auguste Perret. *27^e^ volume de la collection.* — *Cuivre, plomb, mercure*, par M. Auguste Perret. *28^e^ volume de la collection.* — *Zinc, étain, nickel, cobalt*, par M. Auguste Perret. *29^e^ volume de la collection.* — *Or, argent, platine*, par M. Auguste Perret. *30^e^ volume de la collection* (6 volumes in-16, 180 × 130 de 160 p.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1902 (Don de l'éditeur). 42106 à 42111

Économie politique et sociale.

Annuaire Chaix. Les principales Sociétés par actions. Compagnies de Chemins de fer. Institutions de Crédit. Banques. Sociétés minières, de transport, industrielles. Compagnies d'assurances, etc. Douzième année, 1903 (in-18, 180 × 120 de XVI-602 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1903. 42412

Annuaire des Syndicats professionnels, industriels, commerciaux et agricoles, constitués conformément à la loi du 21 mars 1884, en France et aux Colonies. 13^e^ année (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du travail) (in-8°, 220 × 135 de LVIII-728 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 42400

Apprentissage. Rapport de M. Briat, au nom de la Commission permanente. Enquête et documents (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Conseil supérieur du travail. Session de 1902) (in 4°, 265 × 210 de LVIII-489 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 42402

L'apprentissage industriel. Rapport sur l'apprentissage dans l'imprimerie, 1899-1901 (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du travail. Office du Travail) (in-8°, 250 × 165 de XCVI-320 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 42401

Rapport du Ministre des Finances à S. M. L'Empereur sur le budget de l'Empire, pour l'exercice 1903. Budget de l'Empire pour l'exercice 1903 (in-4°, 320 × 235 de 51 p.). Saint-Pétersbourg, Imprimerie de l'Académie Impériale des Sciences, 1902 (Don de M. S. Witte). 42417

RUEFF (J.). — *La question du métal-argent*, par Jules Rueff (1 broch. 210 × 160 de 39 p.). Paris, Journal des Chambres de Commerce, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42383

Tableau général du commerce et de la navigation. Année 1901. Deuxième volume. Navigation (Navigation internationale. Cabotage français et Effectif de la Marine Marchande) (République Française. Direction générale des Douanes) (in-f°, 360 × 280 de 456 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 42418

Électricité.

HOSPITALIER (E.). — *L'Électricité à l'Exposition de 1900. 7e fascicule. Quatorzième livraison dans l'ordre d'apparition. Les moteurs électriques et leurs applications*, par E. Hospitalier. *N° 14. Novembre 1902* (in-8°, 320 × 225 de 78 p. avec 87 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42422

JOUBERT (J.). — *Études sur les machines magnéto-électriques*, par M. J. Joubert (in-4°, 280 × 230 de 46 p.) (Extrait des Annales de l'École normale supérieure, t. X, 1881). Paris, Gauthier-Villars, 1881 (Don de l'auteur). 42396

MONTPELLIER (J.-A.). — *L'Électricité à l'Exposition de 1900. 3e fascicule. Quinzième livraison dans l'ordre d'apparition. Générateurs d'énergie électrique*, par J.-A. Montpellier. *N° 15. Décembre 1902* (in-8°, 320 × 225 de 88 p. avec 82 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42423

ROESSLER (G.) et SAMITCA (E.). — *Électromoteurs. II. Courants alternatifs et triphasés*, par G. Roessler. Traduit de l'allemand, par Emmanuel Samitca (in-8°, 255 × 165 de 239 p. avec 89 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42405

Enseignement.

Escuela superior de Artes é Industrias de Madrid. Memoria estadistica del curso de 1901 à 1902. Discurso leido, por el Exmo. Sr. Marqués de Morella. *Discurso pronunciado*, por el Exmo. Sr. Subsecretario de Instrucción publica y bellas artes (in-8°, 260 × 175 de 48 p.). Madrid, Ambrosio Pérez y C^a^, 1902 (Don de l'auteur). 42420

Université libre de Bruxelles. 68^e^ année académique. Rapport de l'année académique 1901-1902 (in-8°, 240 × 155 de 169 p.). Bruxelles, Imprimerie Bruylant-Christophe et C^ie^, 1902. 42388

Législation.

American Institute of Mining Engineers. Officers, Members, Rules, etc. November 1, 1902 (in-8°, 230 × 150 de 126 p.). 42415

Association des Industriels de France contre les accidents du travail. Circulaire n° 24, Paris. Décembre 1902, Jurisprudence, I. Du Chef d'entreprise considéré comme assuré, II. Application de la loi du 9 avril 1898, III. Réglementation du travail (in-8°, 240 × 155 de 21 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1902. 42380

Médecine, Hygiène, Sauvetage.

DESGREZ (A.) et BALTHAZARD (V.). — *Nouvelle méthode de régénération de l'air confiné à l'aide du bioxyde de sodium. Application à l'homme et aux animaux*, par MM. A. Desgrez et V. Balthazard (Travail du Laboratoire de M. le Professeur Bouchard) (Extrait des Annales d'Hygiène publique et de médecine légale) (in-8°, 225 × 140 de 16 p. avec 3 fig.). Paris, J.-B. Baillière et fils (Don des auteurs). 42426

Métallurgie et Mines.

MULLER (A.), ROGER (P.), FRÉMONT (Ch.). — *Évolution de la fonderie de cuivre, d'après les documents du temps.* Ouvrage publié sous la direction de M. A. Muller, M. P. Roger, par M. Ch. Frémont (in-8°, 300 × 220 de IV-380 p. avec 349 fig.). Paris, Typographie Philippe Renouard, 1903 (Don de MM. A. Muller et P. Roger, M. de la S.). 42395

Transactions of the American Institute of Mining Engineers, Vol. XXXI (in-8°, 240 × 155 de XLVII-1 080 p.). New-York, Published by the Institute, 1902. 42399

VILLAIN (F.). — *Le gisement de minerai de fer oolithique de la Lorraine*, par M. François Villain (in-8°, 255 × 165 de 212 p. avec 8 pl.) (Extrait des Annales des Mines, Livraisons de février et mars 1902). Paris, V^ve^ Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42404

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

CHASSELOUP-LAUBAT (DE). — *Les marines de guerre modernes*, par M. de Chasseloup-Laubat (in-4°, 280 × 230 de 376 p. avec 216 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42425

LECORNU (J.). — *La Navigation aérienne. Histoire documentaire et anecdotique. Les précurseurs. Les Montgolfier. Les deux Écoles. Le siège de Paris. Les grands dirigeables et le sport aérien*, par J. Lecornu (in-8°, 315 × 210 de VII-484 p. avec 338 fig.). Paris, Librairie Nony et Cie, 1903 (Don de l'éditeur). 42389

Statistique de la navigation intérieure. Relevé général du tonnage des marchandises. Année 1901 (Ministère des Travaux publics. Direction des Routes, de la Navigation et des Mines. Division de la Navigation) (in-4°, 310 × 235 de 365 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 42416

Physique.

COLOMER (F.) et LORDIER (Ch.). — *Combustibles industriels. Houille, pétrole, lignite, tourbe, bois, charbon de bois, agglomérés, coke*, par Félix Colomer et Charles Lordier (in-8°, 250 × 165 de 565 p. avec 185 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903 (Don des auteurs M. de la S.). 42398

Sciences mathématiques.

BRABANT (F.). — *Calculs de la résistance des matériaux dans le mouvement de rotation*, par Félix Brabant (Extrait des Mémoires de l'Union des Ingénieurs de Louvain, 1902) (in-8°, 240 × 160 de 21 p. avec 9 fig.). Bruxelles, Imprimerie de l'Économie financière, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42384

Technologie générale.

Almanach Hachette. Petite Encyclopédie populaire de la vie pratique (in-16, 195 × 120 de 432-LXXXIV p.). Édition simple pour 1903. Paris, Hachette et Cie, 1903. 42386

Annuaire pour l'an 1903, publié par le Bureau des Longitudes avec des Notices scientifiques (in-32, 150 × 90 de VIII-668 p., A. 53 p., B. 10 p., C. 4 p., D. 34 p., E. 38 p.). Paris, Gauthier-Villars. 42414

Atti del Collegio Toscano degli Ingegneri ed Architetti Firenze. Anni 1900-1901-1902 (in-4°, 265 × 140 de XLIII-108 p.). Firenze, Tipografia G. Carnesecchi e Figli. 42393

POINCARÉ (H.). — *La science et l'hypothèse*, par H. Poincaré (Bibliothèque de Philosophie scientifique) (in-18, 185 × 120 de 284 p.) (Troisième mille). Paris, Ernest Flammarion. 42413

The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. LXII. Edited by Bennett H. Brough. *N° II, 1902* (in-8°, 220 × 140 de XII-648 p. avec XXVI pl.). London, E. and F. N. Spon, 1902. 42421

YON-LAMPÉRIÈRE (Anna). — *Congrès international de l'éducation sociale tenu à Paris du 26 au 30 septembre 1900. Procès-verbal sommaire*, par Mme Anna Yon-Lampérière (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 265 × 175 de 50 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 42397

Travaux publics.

Annuaire d'adresses des fonctionnaires du Ministère des Travaux publics, des Chemins de fer, de la Navigation, des Mines, de l'Industrie et des Banques, par MM. Lemoine, Marande et Moreau, *1903* (in-12, 175 × 110 de 417 p.). Paris, Bureau des Huissiers du Cabinet du Ministre. 42379

PRÉAUDEAU (A. DE), PONTZEN (E.). — *Procédés généraux de construction. Travaux d'art*, par A. de Préaudeau avec la collaboration de E. Pontzen. *Tome second. Construction des ouvrages* (Encyclopédie des Travaux publics, fondée par M.-C. Lechalas) (in-8°, 250 × 165 de III-612 p. avec 897 fig.). Paris, Ch. Béranger, 1903 (Don de M. de Préaudeau). 42424

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois de décembre 1903, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

C.-L.-C. Bletry, présenté par MM. Ravasse, Granddemange, Mallet.
L. Bonnefoi, — Huguenot, Lacaze, Laurain.
A.-M.-G. Clévenot, — E. Clevenot, Dollot, Leclaire.
G.-P. Forest, — Solomon, Biard, Bocandé.
J. Fribourt, — L. Weiller, Caen, Jannettaz.
E. Garcia de Zuniga, Salomon, Dumont, Calmette.
A.-S. Garfield, — Bodin, E. de Marchena, L. Périssé.
S.-D. Gillet, — Salomon, Biard, Bocandé.
J.-W. Pearse, — Casalonga, Gouvy, Piat.
J. Thiry, — T. Dutreux, A. Dutreux, Gouvy.
M. Trombert, — Balas, Mamy, Piat.
M. Vallette, — Arbel, Casalonga, Léon.

Comme Membre Associé.

V. Boilève, présenté par MM. de Baecker, Cacheux, Forest.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1903

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 9 JANVIER 1903

I

PRÉSIDENCE DE M. L. SALOMON, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 9 heures.

M. LE PRÉSIDENT annonce que nous avons l'honneur de voir M. E. Schneider ainsi qu'un grand nombre d'invités, parmi lesquels se trouvent MM. les lauréats de la fondation Schneider, assister à la séance, il les en remercie, et il invite M. E. Schneider à venir prendre place au Bureau.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il sera procédé d'abord à l'inauguration du monument de Giffard et prononce, à cette occasion, le discours suivant :

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

Le Bureau et le Comité de 1902 ont tenu à me réserver l'honneur de procéder, en cette séance, à l'installation du monument Giffard et à la proclamation des Prix fondés par M. Henri Schneider.

Le meilleur hommage que nous puissions rendre en ce jour à la mémoire de Giffard est de vous rappeler ce qu'il fut : Savant inventeur, homme de bien, Collègue affectionnant notre Société.

Je ne l'ai malheureusement pas connu personnellement, mais il suffit, pour l'apprécier, de se reporter à ses œuvres elles-mêmes et aux documents écrits, dignes de toute confiance, à ses brevets, aux discours prononcés à ses obsèques et à la magistrale étude de l'œuvre d'Henri Giffard, due à notre Collègue Alexandre Gouilly.

Cette étude fut provoquée, vous le savez, par notre Société, qui décida, dans sa séance du 3 décembre 1886, d'ouvrir un concours ayant pour objet l'*Analyse de l'œuvre d'Henri Giffard*.

Pendant toute sa vie, Giffard (1) n'a pas cessé de travailler.

Après des études, faites au Collège Bourbon, il passe deux années dans les bureaux des ateliers du Chemin de fer de l'Ouest, puis, de 1847 à 1849, il acquiert des connaissances scientifiques exactes par la lecture de cahiers d'élèves de l'École Centrale. Ainsi préparé, il se livre à des études, à des recherches personnelles, son génie d'invention se développe et le 9 septembre 1850 il prend son premier brevet ayant pour objet un *Système de machine à vapeur*.

Devenu inventeur, il le restera jusqu'à la fin de ses jours. Son dernier brevet date du 4 juin 1880, et, de 1850 à 1880, nous comptons trente-trois brevets ou certificats d'addition.

Pour établir quelles ont été, pendant ces trente années, la fécondité inventive de Giffard, sa puissance de travail, il suffit d'énumérer, par ordre chronologique, les multiples sujets visés dans ses prises de brevets :

En 1850, Système de machine à vapeur ;

De 1851 à 1855, Navigation aérienne, avec application de la vapeur ;

En 1856, Fabrication de l'hydrogène ;

En 1858 et 1859, Injecteur alimentaire pour chaudières à vapeur ;

En 1861, Machines à vapeur économiques à très haute pression et à grande vitesse ;

En 1863, Appareil pour prévenir et combattre les effets du mal de mer ;

En 1864, Voiture à vapeur circulant sur routes ;

En 1865 et 1866, Dispositions pour éviter le mouvement de lacet des voitures de chemin de fer ;

De 1867 à 1869, Systèmes d'aérostats captifs et appareils pour la fabrication industrielle de l'hydrogène ;

De 1873 à 1880, Giffard, revenant à des questions déjà étudiées par lui, prend des brevets pour de nouvelles dispositions relatives à la suspension des voitures de chemins de fer et à la garniture des pistons à vapeur.

Ce qui caractérise les brevets de Giffard, c'est qu'il n'y a jamais, entre les conceptions de l'inventeur et leur réalisation pratique, d'espace infranchissable, et cela est dû non pas seulement aux connaissances scientifiques de Giffard, mais à sa méthode de travail : « Il se rendait compte de tout ce qu'il voulait faire par des expériences », nous apprend son ami M. Tissandier.

L'invention de l'injecteur alimentaire est l'invention capitale de Giffard ; elle a rendu son nom populaire parmi nos mécaniciens, qui ont longtemps désigné l'appareil par le nom de l'inventeur ; c'est de plus cette invention qui lui a procuré la richesse dont il a fait un si généreux emploi.

L'injecteur a eu l'heureuse fortune de venir à son heure ; l'essor des chemins de fer, de la navigation à vapeur, le développement de l'emploi des locomobiles, faisaient vivement sentir, en 1858, les inconvénients des pompes d'alimentation.

Mais, si l'injecteur fut rapidement et universellement adopté, c'est

(1) Né à Paris le 8 février 1825, décédé à Paris le 14 avril 1882.

que dès sa conception il fut amené par Giffard à une forme pratique, presque définitive.

Entre l'injecteur de 1859, destiné à des locomotives fonctionnant à 8 *atm*, et l'injecteur de 1902, appliqué à nos locomotives timbrées à 16 *kg*, les différences sont faibles, Giffard ayant eu une vue très nette des conditions théoriques à remplir et des dispositions pratiques les réalisant.

Les études et brevets de Giffard sur les machines à vapeur ont surtout montré la possibilité de faire marcher ces moteurs à des vitesses notablement supérieures à celles ordinairement usitées à l'époque. Les travaux de Giffard sur ce sujet n'ont pas eu de conséquences immédiates. En 1861, n'existaient pas les nombreux emplois de moteurs à grande vitesse qui se sont créés notamment pour la conduite des pompes centrifuges de circulation (pompes des condenseurs à surface) et des dynamos.

D'autre part, les hautes pressions n'ont produit d'économie notable que grâce à l'emploi simultané de l'expansion multiple, système contesté à cette époque. Néanmoins, pour cette question des machines à haute pression et à grande vitesse, Giffard doit être regardé comme un précurseur.

La pensée de Giffard ne s'est que peu arrêtée sur l'automobilisme.

Les dispositions fort ingénieuses qu'il a imaginées, pour mettre à l'abri du mal de mer et pour supprimer les secousses des voitures de chemin de fer, ne sont pas entrées dans la pratique. Les premières étaient assez compliquées ; les secondes ne répondaient pas à toutes les conditions de solidité, sécurité, facilité et économie d'entretien que réclame le service des chemins de fer. Puis sont venus les bogies qui, par la double suspension qu'ils procurent, ont donné une solution satisfaisant bien aux conditions désirables. Pour ces divers motifs, ces recherches de Giffard n'ont pas eu d'applications.

La navigation aérienne, les ballons captifs et les questions connexes ont longuement occupé Giffard ; il les a particulièrement affectionnés.

J'ai demandé à l'un de nos Collègues les plus compétents sur ces sujets, de nous donner son appréciation sur cette partie de l'œuvre de Giffard, et voici ce que M. Soreau a bien voulu m'écrire :

« Il est une science qui doit beaucoup à Henri Giffard, et qui même, plus que toute autre, évoque son souvenir dans l'esprit du public c'est la navigation aérienne.

» Dès sa jeunesse, le précoce inventeur rêvait de construire et de conduire lui-même le premier ballon dirigeable. A vingt-six ans à peine, soit sept années avant la découverte de l'injecteur, il prenait un brevet, sorte de mémoire où il ne se borne pas à présenter des dessins agrémentés de légendes et de descriptions sommaires, mais où il examine et discute les côtés techniques de l'attrayant problème : Résistance à l'avancement, calcul du propulseur et de la puissance motrice, création d'un moteur relativement léger ; toutes ces questions sont traitées d'une façon fort remarquable pour l'époque. Malheureusement, Giffard ne comprit pas la nécessité de faire du navire un bloc véritable, en assurant la permanence de sa forme et la rigidité de la suspension. Il était réservé à un autre Ingénieur éminent : l'illustre Dupuy de Lôme, de mon-

trer cette nécessité et d'en donner une solution élégante avec le ballonnet à air et la suspension par un réseau funiculaire, dispositifs qu'on retrouve, avec des variantes plus ou moins marquées, dans tous les projets sérieux présentés depuis.

» C'est à l'absence de ces dispositifs indispensables qu'il faut attribuer l'insuccès des expériences de Giffard en 1852 et 1855, expériences très remarquables toutefois par la forme du ballon, l'harmonie de ses proportions et, surtout, par la première application d'un moteur mécanique à la direction des aérostats. La machine à vapeur, qu'imagina Giffard pour la circonstance, était fort judicieusement combinée, tant au point de vue de la légèreté que des précautions nécessaires quand il s'agit de placer un foyer sous plusieurs milliers de mètres cubes de gaz d'éclairage. Il fallait, pour s'élever le premier dans les airs en semblable compagnie, une hardiesse peu commune, une foi très robuste. Et l'on peut dire que Giffard a eu tout au moins la gloire incontestable de construire et de monter le premier aérostat qui puisse vraiment se revendiquer des ballons dirigeables.

» Il conçut, vers la fin de sa vie, le projet d'un dirigeable gigantesque de 50 000 m^3; le million destiné à cette expérience était mis de côté, les plans étaient prêts, quand le malheureux inventeur, frappé de cécité, dut renoncer à son rêve.

» Non moins que l'Aéronautique, l'Aérostation est redevable à Giffard de travaux importants dont les plus connus sont les grands ballons captifs qu'il installa aux Expositions universelles de 1867 et 1878. Si la foule n'y vit guère autre chose que d'intéressantes attractions, l'Ingénieur y trouve nombre de dispositifs d'un très réel intérêt. Le captif de 1878, en particulier, peut être considéré comme une des belles productions de la mécanique à cette époque; ses dimensions considérables soulevaient, au point de vue de la construction, de la manœuvre et de la sécurité, de grosses difficultés qui furent toutes résolues avec une grande élégance. Le ballon proprement dit avait 36 *m* de diamètre, contenait 25 000 m^3 d'hydrogène et soulevait 15 *t*; le gonflement exigea 80 *t* de fer et 180 *t* d'acide. Le tissu fut composé d'une façon toute spéciale; des bandes caoutchoutées recouvraient les coutures et les 50 000 mailles du filet furent obtenues par l'entrecroisement de 56 *km* de corde ayant 11 *mm*, avec une peau sous chaque croisement pour éviter l'usure de l'enveloppe. Le câble, légèrement conique, avait 600 *m*, pesait 3 *t* et pouvait résister à un effort de 35 000 *kg*; il passait dans la partie annulaire de la nacelle, se rendait sur une poulie à mouvement universel, fort ingénieusement disposée, puis s'engageait dans une galerie souterraine pour aboutir à un treuil mû par quatre machines à vapeur, de 75 *ch* chacune, qui fonctionnaient, pendant l'ascension, comme pompes foulantes, avec un frein régulateur à air; c'était toute une machinerie puissante et des mieux combinées.

» Ce ballon géant, dont tous les détails sont minutieusement étudiés, fonctionna jusqu'au milieu de 1879, époque où il fut déchiré par un ouragan. »

Je ne puis que me rallier complètement à l'opinion si bien exprimée par M. Soreau.

Giffard eut la satisfaction de voir ses travaux reconnus et consacrés par de hautes distinctions honorifiques.

L'Académie des Sciences lui attribua le Prix de Mécanique de la Fondation Montyon, pour l'année 1859; il fut nommé chevalier de la Légion d'honneur en 1867, et obtint une médaille d'or à l'Exposition de cette même année; enfin en 1876, la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale lui décerna la Médaille de Prony, grande médaille des Arts mécaniques.

Giffard n'a pas été seulement un inventeur fécond et un expérimentateur laborieux. Il fut un homme de bien, faisant le plus noble emploi de sa richesse, si légitimement acquise.

A sa mort, survenue le 14 avril 1882, Giffard légua presque toute sa fortune à l'État, sous la condition d'en faire un usage profitable aux sciences. Il laissa 50 000 *f* à quatre Sociétés savantes : à l'Académie des Sciences, à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, à la Société des Amis des Sciences et à notre Société.

Les revenus de notre legs sont affectés pour deux tiers à la distribution d'un prix triennal portant le nom du donateur, et pour un tiers à notre fonds de secours.

Giffard aimait notre Société, dont il fit partie pendant vingt-deux ans. Sa demande d'admission, datée du 20 février 1860, avait pour parrains MM. Faure, Laurent et Boivin.

C'est en novembre 1897, sous la présidence de M. Ed. Lippmann, que M. le Ministre de l'Instruction publique, sur la proposition que lui avait adressée M. le Ministre du Commerce, fit don à notre Société d'une statue de Giffard, dont l'exécution était confiée à M. le Sculpteur André Massoulle.

En 1898, sous la présidence de M. Loreau, nos Collègues MM. Badois et Mesureur, alors Vice-Présidents, furent chargés de s'entendre avec M. Massoulle et avec notre Architecte, M. F. Delmas, pour choisir l'emplacement du Monument et permettre au sculpteur d'arrêter sa maquette.

Pour l'exécution de son œuvre, M. Massoulle a adopté la conception nouvelle du Monument commémoratif, plaçant une figure allégorique, de grandeur naturelle, au-dessous d'un simple buste. L'allégorie choisie par l'artiste nous paraît être : *le Génie de Giffard animant la Matière.*

L'œuvre était presque achevée lorsque la mort vint enlever, beaucoup trop tôt à l'Art français, le sculpteur Massoulle, alors qu'il était en pleine possession de son talent et avait acquis une légitime renommée. Cet artiste est, en effet, l'auteur de deux œuvres devenues populaires : de l'*Ancêtre*, guerrier gaulois, qui, venant d'abattre le porte-étendard de l'Invasion romaine, s'assure que son glaive est intact pour de nouveaux combats, et de la statue de l'intrépide défenseur de Tuyen-Quan, le sergent du génie *Bobillot*.

Tenant à n'oublier aucun des Collaborateurs du Monument, j'adresse des remerciements à M. Coutan, Membre de l'Institut, qui a bien voulu surveiller l'achèvement de l'œuvre de sculpture, et à notre Collègue et Architecte, M. F. Delmas, qui s'est occupé de la partie architecturale.

Messieurs, je ne veux pas tarder plus longtemps à satisfaire votre légitime curiosité et je fais dévoiler l'œuvre du regretté sculpteur Massoulle. *(Applaudissements.)*

M. le Président fait lever le voile qui recouvre la statue du grand inventeur, et nos Collègues peuvent alors admirer l'œuvre remarquable du sculpteur Massoulle.

M. le Président avant de proclamer les noms des lauréats des prix Henri Schneider, désire rendre hommage ou souvenir de M. Henri Schneider, il s'exprime en ces termes :

Prix de la Fondation Henri Schneider.

Messieurs et chers Collègues,

Avant de proclamer les lauréats des Prix Henri Schneider, il convient de vous rappeler comment il se fait que nous ayons l'honneur d'en être les dispensateurs.

M. Henri Schneider avait de son vivant, et lors de la présidence de M. A. Loreau, en 1898, manifesté l'intention de faire à notre Société une donation importante. Une mort prématurée n'ayant pas permis à M. Henri Schneider de mettre son projet à exécution, sa famille a tenu à réaliser les désirs de son chef. M. Eugène Schneider, par une lettre en date du 31 janvier 1900, informa notre Trésorier, M. L. de Chasseloup-Laubat, que sa belle-mère, M^me^ Henri Schneider, ses sœurs M^me^ de Chaponay, M^me^ de Ganay, M^me^ de Brantes et M^lle^ Schneider, et lui-même, mettaient une somme de 160 000 *f* à la disposition de notre Société pour en faire les trois emplois suivants :

100 000 *f* à placer, leurs revenus servant à distribuer des secours aux Ingénieurs ne sortant d'aucune école;

35 000 *f* à distribuer en sept prix égaux, chacun d'eux étant attribué à l'auteur de l'ouvrage publié en France depuis une période de quarante ans, écrit ou traduit en français, jugé par notre Société comme ayant été le plus utile au développement, en France, de la branche d'industrie faisant l'objet de la catégorie du prix;

25 000 *f* à placer et dont les intérêts accumulés pendant quinze ans devront servir à une nouvelle distribution de prix dans des conditions identiques au concours précédent.

Les sept catégories visées se rapportent respectivement aux sept branches suivantes de l'Art de l'Ingénieur :

Métallurgie, Mines, Constructions Mécaniques, Constructions Métalliques, Constructions Électriques, Constructions Navales, Artillerie et Défenses Métalliques de terre et de bord.

Dans sa séance du 18 mai 1900, votre Comité a accepté avec reconnaissance ce legs généreux, et a fait entreprendre les démarches nécessaires pour obtenir de l'Administration supérieure l'autorisation d'acceptation.

Malgré nos instances, nous n'avons reçu cette autorisation qu'en février dernier.

Les Membres de votre Comité se sont alors répartis en sept jurys, en s'adjoignant un certain nombre de nos Collègues les plus qualifiés.

Un règlement fut élaboré, d'accord avec M. Eugène Schneider, afin d'unifier, autant que possible, le mode de fonctionnement des sept jurys et ce règlement a prévu le cas, qui s'est d'ailleurs produit, de diviser le prix de certaines catégories

Des circulaires furent envoyées aux principales Sociétés savantes françaises et à de très nombreux journaux scientifiques ou périodiques, afin de donner une très grande publicité aux conditions du Concours et provoquer toutes les candidatures.

Les jurys ont tenu chacun plusieurs séances et ils ont eu le bonheur de se trouver en présence de nombreux auteurs de mémoires ou de traités d'une haute valeur, ayant eu, sur les progrès des spécialités visées, une influence incontestable. Ils ont ainsi constaté que, parmi les savants et les Ingénieurs de notre époque, nos compatriotes se tiennent toujours au premier rang et, fidèles à notre tempérament national, mettent libéralement à la disposition de tous les résultats de leurs études et de leurs recherches.

Avant de proclamer les noms des lauréats, il convient, Messieurs, que nous nous arrêtions un instant sur la pensée de M. Henri Schneider qui a eu pour résultat la généreuse donation qui vous a été faite.

Je ne puis m'empêcher de rattacher cette pensée à l'œuvre à laquelle M. Henri Schneider s'est consacré pendant près de trente-deux ans, de 1867 à 1898, je veux dire au développement des établissements dont il avait la gérance suprême et qu'il a toujours voulu, comme son père, maintenir au premier rang.

M. Henri Schneider a constamment demandé à ses collaborateurs techniques non seulement de poursuivre par eux-mêmes des études particulières, et d'appliquer les nouveaux procédés brevetés améliorant les fabrications, mais encore de toujours suivre les progrès des sciences industrielles.

M. Eugène Schneider vient de mettre libéralement, à la disposition des Ingénieurs du monde entier, un historique très complet des Etablissements de MM. Schneider et C^ie^, historique qui formera un chapitre, et non le moins important, de l'histoire de l'Industrie française pendant le cours du XIX^e^ siècle.

En parcourant cet historique, on est frappé de la constante application des méthodes scientifiques. Toujours sont adoptés l'outillage le plus puissant et le plus perfectionné, les plans d'installation les plus méthodiques et les classifications des produits les plus rationnelles. Un personnel de praticiens expérimentés et instruits permet la prompte mise au point des nouveaux procédés. Qu'il s'agisse de l'exploitation des mines, des produits sidérurgiques, des ponts, des moteurs à vapeur ou à gaz, d'appareils électriques ou de navigation, de l'artillerie, les légitimes succès remportés par les Etablissements Schneider à chacune des grandes Expositions universelles et dans la compétition mondiale, prouvent heureusement que, sur le terrain industriel, la science n'a subi aucune faillite.

Il nous semble que M. Henri Schneider a voulu qu'il soit fait une constatation matérielle de ces heureux effets de la science sur chacune

des branches de son industrie, en créant ces prix dont il nous a fait le très grand honneur de nous confier la distribution.

Nous sommes infiniment reconnaissants à la mémoire de M. Henri Schneider de cette généreuse pensée et d'avoir eu confiance en la compétence et l'indépendance du jugement des Membres de notre Société.

Nous adressons nos sincères et respectueux remerciements à Mme Henri Schneider, à ses filles, et à M. Eugène Schneider, sans la générosité desquels le projet de M. Henri Schneider ne se serait pas réalisé. *(Applaudissements vifs et répétés.)*

M. E. Schneider a la parole :

Messieurs, je ne m'attendais pas à l'honneur qui m'a été fait d'être appelé à prendre place au Bureau à la séance de ce soir; mais, puisque notre Président a bien voulu m'y convier, je demande la permission d'en profiter pour le remercier d'abord des paroles aimables qu'il a bien voulu prononcer, et aussi de la façon dont il a rappelé le souvenir de mon père.

Je ne veux pas laisser passer cette occasion sans remercier la Société des Ingénieurs Civils de France, qui a bien voulu collaborer à cette œuvre que mon père avait préparée de son vivant, et que la mort l'a empêché de réaliser.

J'adresse l'expression toute particulière de ma reconnaissance à MM. les Membres du Jury, pour la tâche difficile qu'ils ont accomplie; car, ainsi que le disait notre Président tout à l'heure, les Ingénieurs qui, en France, ont développé les différentes branches du Génie civil, sont légion, et, par conséquent, la tâche de MM. les Membres du Jury a dû être quelquefois difficile. Je suis heureux d'exprimer aussi, à toute la Société des Ingénieurs Civils de France, les remerciements de ma famile en même temps que les miens. *(Longs et vifs applaudissements.)*

M. le Président proclame alors les noms des lauréats des sept sections.

Ire Section : Métallurgie.

Le Jury de la Ire Section décerne la totalité de son prix à M. F. Osmond pour les nombreux mémoires relatifs à la composition cellulaire des aciers, à la transformation, sous l'action des traitements mécanique et thermique, du fer, du carbone et de leurs composés, et à l'emploi de la métallographie.

Les recherches de M. Osmond, qu'il a libéralement divulguées par les publications qu'il a faites de 1882 à ce jour, ont permis de substituer des traitements scientifiques aux procédés empiriques antérieurement suivis. Les vues de M. Osmond sur la constitution de l'acier et ses méthodes d'investigation peuvent, d'ailleurs, s'appliquer à tous les métaux; son œuvre a donc ouvert des voies nouvelles à toutes les métallurgies.

IIe Section : Mines.

Le Jury de la IIe Section s'étant trouvé en présence de publications traitant de questions très diverses, mais toutes importantes pour l'exploitation des mines, a dû partager le prix également entre quatre lauréats, savoir :

M. H. Audemar, pour ses mémoires : *la Nouvelle Machine d'épuisement intérieur de Montceau-les-Mines (1872). — Note sur l'application de la détente variable aux machines d'extraction des mines de Blanzy (1870)* et *Note sur la détente dans les machines d'extraction et sur la suppression de la coulisse de Stephenson dans les machines à soupape.* Le premier mémoire a provoqué l'installation de pompes souterraines à grandes hauteurs de refoulement et, les deux autres, l'application de la détente variable aux machines d'extraction ;

M. Grand'Eury, pour son ouvrage : *Flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France.* Cette étude de la flore fossile a été mise à profit pour de nombreux travaux de stratigraphie dont quelques-uns ont donné des résultats importants pour l'exploitation des mines.

M. Daniel Murgue, pour ses mémoires sur l'aérage des mines, notamment ceux ayant pour titres : *Essais sur les machines d'aérage (1873-1880)* et *Recherches expérimentales sur la perte de charge dans les parcours d'air souterrains (1893).* La théorie indiquée par l'auteur a conduit à de grandes simplifications dans les calculs de l'aérage, des pertes de charges, des ventilateurs, du rendement de ceux-ci, du travail moteur enfin.

M. Élie Reumaux, pour ses mémoires : *Sur le matériel des houillères (1888)* et *Questions se rapportant à la montée, à la descente et à la circulation des ouvriers mineurs.* Dans ces mémoires, M. Reumaux décrit les belles installations et les ingénieuses dispositions créées par lui aux Mines de Lens, et qui ont été souvent prises comme modèle et imitées, tant pour obtenir, par la concentration des travaux, une production intensive, que pour assurer la sécurité du personnel occupé dans les exploitations minières.

III^e Section : Constructions mécaniques.

Le Jury de la III^e Section ne s'est point trouvé en présence d'œuvres ayant influé sur les progrès de toutes les spécialités multiples entre lesquelles se divisent les constructions mécaniques. Par contre, pour trois de ces spécialités, il a trouvé des publications répondant complètement aux conditions du concours. Le Jury de la III^e Section a donc partagé le prix en trois parts égales et les a attribuées :

A M. A. Mallet pour ses mémoires sur les locomotives compound ;

A M. G. Richard pour ses publications sur les machines-outils ;

A M. Aimé Witz pour ses ouvrages sur les moteurs à gaz.

Qu'il me soit permis de rappeler ici deux faits historiques : la première locomotive construite en France est sortie des Établissements du Creusot, en 1838, et ces mêmes Établissements ont construit, en 1876, la première locomotive compound sur les plans de notre Collègue, M. A. Mallet.

IV^e Section : Constructions métalliques.

Avant de rechercher aucun auteur, le Jury de cette Section a décidé qu'il y avait lieu (en considération des besoins industriels) de diviser le prix en deux parties égales :

L'une de ces parties devant être attribuée à l'auteur ou aux auteurs des ouvrages utilisés par les Ingénieurs dans leurs études ;

L'autre partie à l'auteur ou aux auteurs des ouvrages qui sont le plus souvent utilisés, dans les bureaux d'études et de dessins, par les dessinateurs et par les calculateurs.

Le prix de la première partie a été attribué à M. Maurice Lévy pour ses ouvrages sur la statique graphique et pour son mémoire sur les pièces surabondantes.

Le prix de la deuxième partie a été partagé, par parties égales, entre :

M. Maurice Kœchlin pour son ouvrage sur *les Applications de la statique graphique* (Encyclopédie des Travaux publics fondée par M. Lechalas);

Et M. Bertrand de Fontviolant pour son ouvrage sur *les Ponts métalliques.* — Méthode de calcul satisfaisant aux prescriptions du Règlement ministériel français du 29 août 1891, avec tables pour en faciliter l'emploi.

V^e Section : Constructions électriques.

Le Jury de la V^e Section a jugé que son prix devait être partagé également entre MM. J. Joubert et Marcel Deprez pour leurs nombreuses et importantes publications.

L'étude de M. Joubert, sur les machines dynamo-électriques, publiée en 1881, est le point de départ de nos connaissances relatives aux courants alternatifs. M. Joubert a employé pour cette étude des méthodes nouvelles restées classiques.

Les travaux de M. Marcel Deprez sur les machines à courant continu, sur la transmission électrique de l'énergie, sur la théorie des caractéristiques, sur l'emploi de mesures étalonnées, ont également exercé une influence très considérable sur les progrès de l'industrie électrique.

VI^e Section : Constructions navales.

Dans l'appréciation des titres des concurrents, le Jury de la VI^e Section a eu égard non seulement à la valeur intrinsèque des ouvrages publiés et à la corrélation entre leur publication et les progrès qui en ont été la conséquence dans l'industrie des constructions navales, mais encore à la part personnelle prise par les auteurs dans la réalisation effective de ces progrès.

Ce Jury a de plus jugé qu'il devait examiner séparément les deux branches principales des Constructions navales, les coques d'une part et les machines de l'autre.

En ce qui concerne les coques, le Jury a divisé le prix également entre MM. E. Bertin, Directeur du Génie maritime et A. Normand.

En ce qui concerne les machines, il a attribué le prix à M. A. Normand.

VII^e Section : Artillerie et défenses métalliques de terre et de bord.

Le Jury de cette Section a divisé le prix entre deux lauréats et l'attribue :

1° A M. le général Sebert pour ses mémoires relatifs *aux Bouches à feu, aux appareils destinés à étudier les phénomènes de combustion de la poudre, à la résistance de l'air, au mouvement des projectiles, aux appareils mesurant les pressions développées par les gaz, etc.;*

2° A M. Sarrau, Inspecteur général des poudres et salpêtres, pour ses mémoires relatifs aux *Recherches théoriques sur les effets de la poudre et des substances explosibles, aux formules pratiques des vitesses et des pressions dans les armes; à la théorie des explosifs, etc.*

(Les noms des lauréats sont salués par les applaudissements de l'Assemblée.)

En terminant, Messieurs, l'honorable et agréable mission qui m'a été confiée, j'adresse à MM. les Lauréats des prix Henri Schneider les cordiales et bien sincères félicitations de la Société des Ingénieurs Civils de France. *(Applaudissements.)*

M.L. Salomon, Président sortant, procède ensuite à l'installation du nouveau Bureau et il prononce le discours suivant :

Messieurs et chers Collègues,

Ma présidence prenant fin, je dois, suivant nos traditions, vous retracer les principaux événements de la vie de notre Société en l'an 1902 et vous en résumer les travaux pendant cet exercice.

Comme chaque année, la mort nous a ravi de trop nombreux Collègues.

Parmi ces pertes, il en est une qui nous a été particulièrement sensible, étant un véritable deuil de famille.

Pour la seconde fois, depuis l'origine de notre Société, notre Président nous a été enlevé pendant le cours de ses fonctions : le 26 mars se produisait la mort prématurée de notre Président, M. J. Mesureur.

Dans la séance du 14 avril, M. le Vice-Président H. Couriot vous a retracé, en termes émus, la carrière de M. J. Mesureur; il a rappelé sa situation importante dans l'industrie, conquise par le travail; sa sollicitude pour ses camarades d'école, reconnue par sa longue présidence de la Société Amicale des Anciens Élèves des Ecoles nationales d'Arts-et-Métiers, sa compétence dans les questions d'enseignement technique et sa collaboration recherchée dans un grand nombre de Corps élus ou constitués.

Nous devons renouveler, en ce jour, l'hommage rendu à sa mémoire.

Nous avons eu le regret de perdre trois de nos Membres honoraires; ce sont MM. J. Robinson, F. Conrad et sir Roberts Austen.

Les noms des cinquante-sept autres Collègues décédés sont les suivants :

MM. Agniel (S.), Allard (J.), Appert (A.-A.), Arbey (L.), Arrault (P.-A);

Bara (E.), de Baritault (A.), Belbezet (C.), Bernard-Dutreil (J.-P.), Bocquet (A.-A.-S.), Bourcart (H.), Brotherood (P.), Bukaty (G.-M.), Bullot (E.-A.);

Chaligny (R.), Chavanne (A.), Cotard (Ch.), Courtois (A.-H.), Couvreur (L.);

Dehesdin (G.), Donnay (Ch.), Dreyfus (A.-A.);

Elmering (A.);

Faivre (A.);

de Grièges (M.), Grobot (G.), Guigon-Bey (E.);

Hennequin (L.-F.), Hinstin (N.), Horsin-Déon (P.), Hugon (P.), Hutton (W.-R.);
Jeanteur (.E-A.);
Kowalski (A.-M.);
Lacombled (S.), Lambiotte (G.), de Laminière (A.), Lemoine (E.-P.-A.);
Mangini (F.), Marin (P.), Ménard (H.-P.), Moineau (L.);
De Naeyer (L.);
Pourcheiroux (A.);
Robert (G.), Retterer (F.), Ronna (A.), Rosiès (A.), de Rycerski (F.-L.-A.);
Schumacher (C), Solignac (L);
Thirion (Ch.-A.), Thoret (L.-L.), Trouvé (G.);
Verdierre (L.), Vuillemin (E.-A.);
Weidknecht (D.-F.).

Lorsque nous vous avons annoncé, chaque quinzaine, ces pertes cruelles, nous avons rappelé, autant qu'il nous était possible de le faire, la carrière de ces Collègues et les liens qui les rattachaient à notre Société. Nous leur rendons aujourd'hui un dernier hommage et nous renouvelons à leurs familles l'assurance de notre douloureuse et sincère sympathie.

Malgré la stagnation des affaires industrielles, qui influe directement sur la situation des Ingénieurs civils, notre recrutement n'a pas autant souffert que nous pouvions le craindre.

Du 1er décembre 1901 au 30 novembre 1902, fin de l'exercice, vous avez admis 153 Membres Sociétaires, 20 Membres Associés et vous avez réadmis un Membre, ce qui fait un total de 174 admissions.

Défalcation faite des pertes par décès, démissions et radiations, pertes qui portent sur 120 Membres, l'augmentation nette de l'exercice est de 54 Membres. L'effectif de la Société au 30 novembre 1902 est, par suite, de 3661 Membres.

Ce nombre est en soi fort important; il ne me paraît pas, toutefois, suffisamment en rapport avec le nombre des hommes exerçant dans notre pays la profession d'Ingénieur civil. Il faut que chacun de nous, se préoccupant d'assurer un recrutement nombreux et choisi, recherche, parmi ses relations, les Ingénieurs qui, occupant déjà dans nos industries des situations élevées, et n'ayant pas été suffisamment sollicités, ne font pas partie de notre Société.

Vous avez entendu, dans notre séance du 19 décembre, la lecture du Rapport de notre Trésorier, M. L. de Chasseloup-Laubat. Vous ayant fait connaître que l'avoir de la Société a augmenté, pendant l'exercice 1902, de 122 459 *f*, dont 105 254,55 *f* représentant les legs et dons réalisés, et 17 204,45 *f* le bénéfice de la gestion, M. L. de Chasseloup-Laubat a conclu en nous disant : « La situation n'est pas mauvaise, eu égard aux augmentations des impôts et charges, mais elle exige, néanmoins, la plus grande prudence dans la gestion de nos fonds ».

Nous avons, en effet, à craindre des augmentations d'impôts et nous commençons le remboursement de notre emprunt.

Je partage complètement la manière de voir de notre Trésorier, avec lequel j'ai eu la satisfaction d'être en complète communauté d'idées pendant mes quelques mois de présidence.

Je crois, Messieurs, que la Société doit se préoccuper, avant tout, de rembourser les sommes qu'elle a empruntées.

Après ce remboursement, et seulement alors, elle pourra employer ses disponibilités à des œuvres utiles à ses progrès et à son prestige, tels que le développement de son Bulletin et la tenue de Congrès dans nos principaux centres industriels.

Je suis persuadé qu'en suivant les bons conseils de M. L. de Chasseloup-Laubat nous pourrons hâter ce remboursement si désirable. Aussi, en renouvelant à notre Trésorier nos affectueux remerciements, pour le dévouement, le zèle et les soins qu'il apporte dans ses fonctions, je souhaite qu'il consente à en accepter la charge pendant quelques années encore. *(Applaudissements.)*

Dans la situation financière qui nous a été présentée, ne sont pas compris deux legs, provenant des exercices antérieurs et non encore réalisés : le legs de 30 000 *f* de M. J. Hunebelle et celui de M. A. Bocquet, qui sera d'environ 3 500 *f*, frais déduits.

Je dois rappeler que, pendant l'exercice 1902, la Société a reçu les dons suivants :

MM. F. Honoré	437,80 *f*
A. Schil	437,80
L. Coiseau	286,40
G. Dumont	200
H. Desrumeaux	100
D. Macdonald	39

Je renouvelle les remerciements adressés à nos généreux Collègues.

Nous avons le plaisir, chaque année, de voir le mérite et les œuvres de nos Collègues officiellement reconnus par les distinctions honorifiques des Gouvernements français et étrangers, par les prix et médailles des diverses Sociétés savantes, puis par des nominations à diverses fonctions honorifiques.

Une annexe au procès-verbal de cette séance (1) donnera la liste des noms de nos distingués Collègues; nous devons nous borner à indiquer ici les nombres des diverses décorations obtenues :

2 croix d'Officier de la Légion d'honneur;
10 croix de Chevalier de la Légion d'honneur;
9 palmes d'Officier de l'Instruction publique;
10 palmes d'Officier d'Académie;
8 croix d'Officier du Mérite Agricole;
23 croix de Chevalier du Mérite Agricole;
30 décorations étrangères.

Parmi ces dernières, nous devons signaler particulièrement les suivantes : notre Membre Honoraire M. L.-E. Bertin a été porté à la dignité de Grand-Croix de Saint-Stanislas de Russie, et MM. L. Coiseau,

(1) Voir page 47 et suivantes.

F. Allard et A. Couvreux ont été nommés Commandeurs d'Isabelle la Catholique.

Notre Société doit être particulièrement heureuse de ces trois dernières nominations qui prouvent en quelle estime sont tenus à l'étranger nos grands Entrepreneurs de Travaux publics.

Notre Société a, en 1902, décerné le Prix Annuel, le Prix Alphonse Couvreux et le Prix Giffard.

Le Prix Annuel a été décerné à M. A. Gouvy, pour l'ensemble de ses travaux et spécialement pour son mémoire sur *la Sidérurgie dans l'Oural méridional*.

Le Prix Alphonse Couvreux (triennal) a été décerné à M. L. Coiseau, Vice-Président, pour son *Étude sur les travaux du port de Bilbao*.

Le Prix Giffard 1899, prorogé 1902, ayant pour sujet *les Automobiles sur routes*, a été décerné *ex æquo* à MM. Lucien Périssé et L. Turgan. Les deux mémoires de vos Collègues, classés dans nos archives, seront utilement consultés.

Nous renouvelons aujourd'hui les sincères félicitations adressées à nos lauréats.

Prenant part, depuis quelques années, aux délibérations des Jurys, nous avons le plaisir de constater que ce ne sont pas les bons mémoires qui nous font défaut, mais bien les récompenses à leur attribuer.

Je dois maintenant passer en revue les travaux techniques de notre Société; je les grouperai, comme il est d'usage, d'après la section à laquelle ils se rapportent, et je me permettrai de vous présenter pour certains d'entre eux les réflexions qu'ils nous suggèrent.

Ire SECTION

Travaux publics, Constructions particulières, Chemins de fer, Navigation, etc.

Relativement aux **Travaux Publics**, nous avons reçu de M. J.-J. Chollot une Note (publiée dans le Bulletin de janvier) sur *l'Amélioration de la rivière Whampou par la suppression de la barre de Woosung*. Cette amélioration préoccupe le commerce international de Shang-Haï.

Dans sa communication (faite le 11 avril) sur *le Port marchand de Brest et son avenir prochain*, M. E. Duchesne a énuméré les motifs du choix de Brest pour l'établissement d'un port capable de recevoir les plus grands navires de commerce, puis nous a indiqué où et comment ce nouveau port marchand peut être établi.

Prenant à cette occasion la parole, M. H. Couriot a fait observer que malheureusement aucune voie navigable n'aboutit à Brest, et qu'au point de vue financier il serait préférable d'améliorer l'un de nos ports marchands.

En nous entretenant (le 21 janvier) de la *Reconstruction des formes de radoub de Pontaniou dans l'arsenal de Brest*, M. G. Richou ne nous a pas simplement décrit les dispositions arrêtées par les Ingénieurs de l'État, il nous a fait connaître les méthodes d'exécution, intéressantes

notamment par l'emploi d'un batardeau en maçonnerie, adoptées par notre Collègue, M. Adrien Hallier, Entrepreneur de ces importants travaux.

Ayant effectué dans notre colonie de Madagascar un voyage d'exploration, M. F. Taupiat de Saint-Simeux a pu nous entretenir (le 7 mars) en toute connaissance de cause des *Voies de communication et des moyens de transport à Madagascar*. Nous avons été frappé de l'opinion motivée, émise par M. Taupiat, qu'une solution pratique, rapide et économique, de la question des transports entre Majunga et Tananarive consisterait à établir un chemin de fer à voie étroite, à traction électrique, sur la route de l'Ouest, route due à l'énergie et au talent d'Ingénieur du regretté capitaine d'artillerie Mauriès. Ce serait une bonne utilisation de la puissance hydraulique disponible dans cette partie de notre Colonie, fâcheusement dépourvue de houille noire.

L'Utilisation des chutes d'eau, qui se rattache à notre Ire Section, en raison des travaux importants qu'elle exige généralement, a fait, cette année, l'objet de trois communications suivies d'une discussion.

La première en date de ces communications nous a été faite le 16 mai par M. René Tavernier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Dépassant le titre de sa communication *l'Utilisation des chutes d'eau dans les Alpes françaises*, M. Tavernier nous a fait, avec l'autorité qui résulte de ses études, un exposé complet de l'exploitation de la houille blanche, passant en revue le jaugeage des cours d'eau, l'évaluation de la puissance hydraulique des Alpes, les grandes dérivations industrielles, les prix de revient, les débouchés, la tarification de l'énergie, la législation des chutes d'eau et les réformes qui en sont proposées.

Dans notre séance du 7 novembre, M. Ch. Pinat nous a fait un *Compte rendu détaillé du Congrès de la Houille blanche*, qui s'est réuni à Grenoble le 7 septembre. M. Pinat était le plus qualifié de nos Collègues pour nous faire ce compte rendu, ayant été le Président effectif de ce Congrès, après en avoir été l'un des principaux organisateurs. M. Pinat nous a énuméré les travaux de la Section technique, puis analysé impartialement les communications et les discussions de la Section économique, se rapportant toutes à l'importante question de la législation des chutes d'eau et des réformes proposées.

A la suite de ce Compte rendu, M. G. Richou, reprenant la thèse développée à Grenoble par M. Jean Neyret, sur la *Nécessité de la liberté industrielle et commerciale*, et y ajoutant d'autres arguments, nous a montré que le *statu quo* est préférable à toute législation nouvelle, basée sur l'arbitraire administratif.

L'utilisation intensive de la houille blanche se heurtant parfois à la difficulté des débouchés, il faut, nous a dit notre Collègue, n'imposer à l'industrie des forces hydrauliques que le minimum des charges compatibles avec la liberté et la sécurité qui lui sont indispensables pour vivre et prospérer.

M. Guillain, Vice-Président de la Chambre des Députés, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Rapporteur du projet de loi sur les Distributions d'énergie, nous avait fait l'honneur d'assister à notre séance.

M. Guillain ayant bien voulu prendre la parole après MM. Pinat et Richou, nous avons eu la grande satisfaction de constater que les manières de voir de notre éminent invité et de nos Collègues MM. Pinat et Richou tendent à se rapprocher.

Messieurs, en cette importante question de l'utilisation de nos ressources hydrauliques, notre Société est très qualifiée pour manifester son opinion, Nous sommes, en effet, très intéressés à la bonne exploitation de notre houille blanche et le plus grand nombre d'entre nous est à même de constater, chaque jour, les influences, parfois fâcheuses, d'une trop grande ingérence administrative et de cahiers des charges trop rigoureux sur les entreprises concédées, qu'il s'agisse de transports, de gaz, d'énergie électrique ou de mines.

La propriété de ces établissements, la latitude complète de les développer, l'entière liberté des prix de vente, telles sont, nous le savons, les conditions nécessaires à toute entreprise qui veut être gérée industriellement et commercialement. *(Bravo! Vifs applaudissements.)*

Constructions particulières. — Nous rattacherons aux Constructions particulières et par conséquent à la Ire Section, les Communications et Notes relatives aux habitations ouvrières.

M. Charles Lucas nous a fait connaître dans la séance du 11 avril, *les Hôtels meublés pour célibataires*, établis à Londres, et désignés *Rowton Houses*, du nom du Lord Président de la Société qui les a fait construire.

Après nous en avoir indiqué les dispositions et le fonctionnement, notre Collègue a appelé notre attention sur ce point important que, malgré le faible prix de location journalière d'une cellule (un demi-shelling), un intérêt de 4 0/0 rémunère le capital engagé.

M. E. Cacheux nous a donné à ce propos quelques indications sur ce qui a été fait dans le même but à Paris et à Milan.

M. E. Cacheux, par son *Rapport sur le Congrès des Habitations à bon marché de Düsseldorf*, nous a fait connaître les mesures prises en Allemagne par l'État, les Communes et les particuliers, pour favoriser la construction de maisons et hôtels meublés à bon marché.

Notre Collègue nous a rappelé les mesures prises, dans le même but, en d'autres pays, notamment en Angleterre et en France. (Ce Rapport a été publié dans notre Bulletin de septembre.)

M. E. Cacheux nous a, de plus, envoyé une *Note sur les Institutions patronales des Usines Krupp*, visant notamment les habitations ouvrières. (Cette Note est insérée dans le Bulletin de novembre.)

Chemins de fer. — Complétant la Communication qu'il nous avait faite en 1901, M. Auguste Moreau nous a rédigé un mémoire (publié dans le Bulletin de mars), sur *les Tramways à vapeur aux Indes Néerlandaises*. Ces tramways sont, en réalité, des chemins de fer légers, dont les méthodes de construction et d'exploitation pourraient être utilement imitées pour nos voies ferrées coloniales.

Dans notre séance du 21 mars, notre Collègue M. J.-W. Post nous a présenté et expliqué une série de projections relatives à ces chemins de fer néerlandais, à l'établissement desquels il a pris une large part.

Nous avons été frappés de la hardiesse et de la légèreté des ponts métalliques que certaines de ces projections ont fait passer sous nos yeux.

Navigation maritime. — En nous entretenant du *sauvetage des navires naufragés*, M. M. Dibos nous a fait connaître les méthodes qu'il emploie et dont il est le plus souvent le créateur, pour le sauvetage des bateaux de rivière et des bâtiments de mer.

M. Ch. Verrier nous a communiqué les *Conditions d'établissement et les résultats d'expériences du vapeur fluvial à roues, le « Borgnis-Desbordes »*.

Notre Vice-Président, M. L. Coiseau, a rédigé un *Compte rendu du IXe Congrès de navigation*, qui s'est tenu en 1902 à Düsseldorf. Ce compte rendu sera publié dans le Bulletin de décembre.

Navigation aérienne. — Suivant l'exemple donné l'année dernière par M. Ch. Baudry, je rattacherai à la Ire Section nos travaux sur la question, toujours à l'ordre du jour, de la Navigation aérienne.

Dans sa communication sur *l'Aéronautique maritime et le voyage du ballon « Le Méditerranéen »*, M. E. Surcouf nous a décrit (le 24 janvier) les remarquables expériences effectuées en 1901 par M. le Comte de la Vaulx et ses collaborateurs.

D'après M. Surcouf il est maintenant acquis, grâce aux ingénieux appareils imaginés par M. Hervé (stabilisateur, compensateur et déviateur) que la sécurité des voyages aéromaritimes est assurée ; et que la dirigeabilité partielle peut s'effectuer efficacement dans un secteur de 80 à 120°.

Dans la même séance, M. J. Durupt nous a signalé les avantages que présenterait, d'après lui, *l'Application aux ballons d'hélices à ailes reversibles*.

M. R. Soreau nous a fait, dans la séance du 2 mai, une magistrale communication sur *la Navigation aérienne*, indiquant le rôle du vent, exposant une théorie nouvelle des vagues aériennes, établissant les conditions de l'équilibre vertical et de l'équilibre de route du ballon dirigeable et de l'aéroplane, terminant par des aperçus sur l'Aérodynamique, ce qui a amené notre Collègue à nous faire connaître une formule générale qu'il a établie et qui synthétise, avec une grande approximation, les résultats des expériences de M. Langley.

IIe SECTION

Mécanique et ses Applications, Locomotives, Chaudières et Machines à vapeur, etc.

Dans sa communication sur *les Chaudières et Machines à vapeur à l'Exposition de Düsseldorf*, M. Ch. Compère nous a signalé (le 21 novembre) le nombre des chaudières à haute pression, des chaudières multitubulaires et des applications de surchauffeurs. Notre Collègue a appelé notre attention sur la convenance et la possibilité de faire fonctionner les moteurs à tiroirs Corliss et même plans, avec de la vapeur légèrement surchauffée, c'est-à-dire portée de 250 à 265°.

Les moteurs à explosion ont longuement retenu notre attention.

Dans la séance, du 18 juillet, votre Vice-Président M. A. Moreau, à la suite d'essais faits en collaboration avec M. Aimé Witz, vous a décrit un *Nouveau Moteur à gaz Niel*. Notre Collègue vous a signalé l'amélioration du rendement obtenu en augmentant la compression préalable du mélange, la possibilité de consommer du gaz de ville, aussi bien que des gaz pauvres, par la dilution du premier dans une quantité suffisante d'air, enfin la régulation obtenue, non pas par la méthode du tout ou rien, mais par une admission variable du mélange. Celui-ci est automatiquement d'autant plus riche que la quantité introduite est moindre, ce qui assure l'explosion.

Dans la même séance, M. J. Deschamps nous a entretenu du *rendement des moteurs à gaz en général*.

Aux divers rendements ordinairement envisagés, notre Collègue préfère des coefficients déterminant bien les qualités du moteur considéré, tels que ceux qu'il propose et qu'il nomme *consommation spécifique à vide* et *consommation réduite par cheval*. Notre Collègue nous a ensuite mis en garde contre le mode d'application de la loi de Carnot aux moteurs à explosion.

M. Aimé Witz, qui avait pris la peine de venir de Lille assister à notre séance, nous a alors présenté les considérations théoriques et pratiques qui justifient, d'après lui, la considération du rendement thermique dans les machines à vapeur et son extension aux moteurs à explosion.

Pour M. Witz, la considération du cycle de Carnot permet de classer les moteurs.

M. R. Soreau a fait alors remarquer que le cycle de Carnot donne une limite supérieure qui ne peut pas être atteinte parce qu'il élimine de nombreux éléments. Cette remarque et une observation de M. D.-A. Casalonga, relative également au cycle de Carnot, ont terminé cette très intéressante séance.

M. G. Coupan, Ingénieur agronome, a eu l'amabilité de rédiger la Conférence sur les *Moteurs à alcool*, qu'il nous avait faite lorsque nous avons visité (le 31 mai) l'Exposition de l'Alcool.

La Note de M. Coupan, publiée dans le Bulletin d'août, appelle notre attention sur les importantes conséquences des analyses et recherches de M. Sorel, au point de vue des conditions nécessaires à une complète combustion de l'alcool ; convenable excès d'air et vaporisation complète de l'alcool avant l'introduction du mélange.

Dans la séance du 3 octobre, M. Ch. Pelletier nous a fait connaître les *Résultats obtenus à la Compagnie de l'Est par l'emploi des tiroirs cylindriques appliqués à des locomotives compound à quatre cylindres*.

Ces résultats se traduisent par une sensible économie de combustible.

Les tiroirs cylindriques sont équilibrés et ils permettent d'obtenir de larges passages de vapeur, sans entraîner les fortes résistances que donneraient les tiroirs plans ; aussi voyons-nous les applications aux locomotives des tiroirs cylindriques se multiplier, notamment aux États-Unis, en Angleterre et en Allemagne.

M. Marcel Deprez a appelé notre attention sur *Certains calculs et théorèmes, généraux relatifs à l'hélice propulsive appliquée aux aérostats*, conduisant à ce résultat qu'un effort de propulsion déterminé est obtenu avec un travail d'autant moindre que l'hélice a de plus grandes dimensions.

A propos de cette communication, M. A. Bochet a objecté que le rendement mécanique des hélices marines diminue lorsque leurs dimensions augmentent beaucoup; par analogie, il semble donc que certaines dimensions limitées seront les plus avantageuses pour les applications aux aérostats.

M. Gustave Richard, en faisant passer sous nos yeux de nombreux exemples de *la Machine-Outil moderne*, nous a montré à quelles tendances obéissent les Constructeurs afin de produire un travail exact et économique.

Ces tendances sont l'automaticité, la spécialisation et la mobilité. Élargissant le cadre de sa communication, notre Collègue a insisté sur l'importance d'une bonne organisation de l'atelier, de la vérification des pièces au moyen de calibres, et de la parfaite connaissance du travail de l'atelier que doit avoir le personnel des Études.

M. A. Lavezzari nous a décrit (4 juillet) une fort intéressante *Nouvelle Machine à composer, dite l'Électro-typographe*. Cette machine présente, sur ses devancières, les avantages de fondre des caractères isolés. ce qui facilite les corrections, et de produire une bande perforée, véritable cliché toujours prêt pour les réimpressions et qui peut être reproduit à distance au moyen d'un appareil spécial.

Cette nouvelle machine permettrait donc de publier un journal simultanément à Paris et en province, avec le même texte.

Dans la séance du 21 novembre, M. H. Hospitalier nous a fait connaître les ingénieux appareils qui permettent *l'Observation et l'Enregistrement de phénomènes périodiquement et rapidement variables*.

Il nous a montré les courbes d'un moteur à explosion, tournant à une grande vitesse, relevées à l'aide de monographe, appareil qu'il a construit avec la collaboration de M. Carpentier. Il nous a décrit et fait fonctionner son *Ondographe* qui trace la courbe sinusoïdale d'un courant alternatif à cinquante périodes par seconde, sans qu'intervienne la moindre perturbation due à l'inertie des pièces. M. Hospitalier nous a fait entrevoir la possibilité d'inscrire les variations d'un phénomène dont la durée sera inférieure à 1/3000e de seconde.

De tels appareils agrandissent considérablement le champ de nos investigations.

Dans sa communication du 17 octobre, M. R. Soreau nous montre tout l'intérêt qu'il y aurait à substituer aux formules empiriques, des formules en fonction des constantes physiques. Comme illustration de ces idées, notre Collègue donne une nouvelle formule de la résistance de l'air en fonction de la vitesse; cette formule rend parfaitement compte des avatars successifs des diverses lois admises en balistique à mesure qu'augmentaient les vitesses initiales des projectiles. M. Soreau trouve

que, dans les limites des applications autres que la balistique, c'est la loi du carré qu'il faut appliquer.

Une Note de M. Alphonse Muzet, relative au *Calcul des transmissions par poulies étagées*, a été publiée dans notre Bulletin de janvier.

IIIe SECTION

Travaux géologiques, Mines et Métallurgie, Sondages, etc.

Dans son mémoire *les Convertisseurs pour cuivre*, M. P. Jannettaz, après avoir fait l'historique de l'application à la Métallurgie du cuivre de la méthode de Bessemer, donne la théorie et la pratique de l'opération, décrit les différents types d'appareils, de traitement et d'installation, puis examine la question des prix de revient.

M. H. Pérès, en nous parlant (le 16 mai) sur *l'Exploitation des gisements aurifères à Madagascar*, nous résumait des observations personnelles faites au cours d'un séjour prolongé dans notre colonie. La pauvreté des gisements reconnus n'en permet actuellement l'exploitation que par des procédés indigènes.

Dans sa communication sur *le Turkestan et la Boukharie*, M. D. Levat nous a résumé les renseignements qu'il a recueillis lors d'un récent voyage de mission dans l'Asie centrale. M. Levat nous a entretenus des richesses minérales, du développement des Chemins de fer russes, des systèmes d'irrigation et même des méthodes de gouvernement qui pourraient être utilement suivies dans nos propres colonies.

En traitant la question *les Charbons américains en France*, M. A. de Gennes nous a montré les causes du développement rapide des bassins houillers des États-Unis, production qui a passé en vingt ans de 57 à 248 millions de tonnes métriques. Depuis peu d'années, la production a dépassé la consommation des États-Unis qui tendent à devenir un important exportateur de houilles. Mais cette exportation est intimement liée au développement de la marine de commerce américaine.

Dans la séance du 5 décembre, M. H. Lenicque nous a exposé *l'État actuel de la préparation des minerais*, nous décrivant les appareils, dont certains, étudiés par lui, sont employés pour broyer, classer et enrichir les minerais.

M. A. Lencauchez nous a présenté, comme un complément de ses communications antérieures, un mémoire très documenté sur *la Production du gaz des gazogènes et des hauts fourneaux, leur épuration et leur emploi dans les moteurs à gaz*.

Notre Collègue nous a fait part de ses recherches et observations, notamment sur divers gazogènes et combustibles; sur les variations dans la composition et la puissance calorifique du gaz obtenu; sur les avantages obtenus en injectant de la vapeur d'eau dans les gazogènes; sur les divers procédés de l'épuration, absolument nécessaire, pour la bonne marche des moteurs à gaz de hauts fourneaux.

Cette communication a amené M. Chavanon à prendre la parole et MM. les Ingénieurs en chef des Mines Henri Lechâtelier et Lodin à nous adresser des notes intéressantes.

Dès notre séance du 4 février, M. A. Gouvy avait attiré notre attention sur l'importance que devait avoir l'Exposition régionale de Düsseldorf en nous en montrant, par des projections, le plan général et les principales constructions et installations; dans la séance du 4 juillet, notre Collègue nous a fait un compte rendu très complet des *Appareils et Produits de la Métallurgie rhéno-westphalienne*. Il nous a indiqué les perfectionnements apportés aux fours à coke, aux hauts fourneaux, aux laminoirs; il nous a signalé les divers types de moteurs à gaz exposés, de 300 à 100 *ch* de puissance; l'emploi fort étendu des pièces en acier moulé, des blindages en acier au nickel simplement moulé puis trempé; enfin les grandes dimensions des produits laminés.

Cette communication confirme ce que nous avait indiqué l'Exposition de 1900, à savoir que l'Allemagne imite les méthodes et les grandes installations américaines.

Le mémoire de notre Collègue sera utilement consulté par tous les métallurgistes.

Dans la séance du 5 décembre, M. Gouvy a fait passer sous nos yeux de nombreuses photographies relatives aux Établissements métallurgiques allemands récemment visités par lui. Notre Collègue nous décrira ces diverses installations dans la communication qu'il nous fera prochainement sur *l'État actuel de la Métallurgie rhéno-westphalienne*.

Notre Bulletin d'août renferme une Note de M. H. Bertin, sur *l'Aluminothermie et ses applications, notamment à la préparation des métaux, à leur chauffage et à leur soudage*.

IVe SECTION

Physique et Chimie industrielles, Chauffage et Ventilation, Divers.

Dans la séance du 17 octobre, M. Léon Appert nous a exposé les propriétés du *Verre armé*, les procédés de sa fabrication (dont l'un des plus satisfaisants est dû à notre ancien Président) et les divers emplois où peuvent être utilement mis à profit sa cohésion et sa ténacité.

Nous souhaitons, comme M. Appert, voir ces emplois devenir de plus en plus fréquents.

Ceux de nos Collègues qui n'ont pas pu prendre part à notre visite de l'Exposition de l'Alcool trouveront, dans le Bulletin d'août, une Note de M. Arachequesne, sur *les Appareils de Chauffage et d'Éclairage utilisant l'alcool dénaturé*.

Cette Note reproduit les descriptions et explications que notre Collègue, en sa qualité de Membre du Jury, nous a données sur place en toute compétence.

Cette exposition a mis en relief des appareils ingénieux, fonctionnant bien, parmi lesquels nous en trouvons certains créés par nos Collègues : MM. Barbier et Lecomte.

M. Arachequesne nous a appris qu'en quelques mois la consommation industrielle de l'alcool dénaturé a augmenté d'environ 40 000 *hl* par les seules applications à l'éclairage. A tous égards, nous devons souhaiter la continuation de ce notable progrès.

Dans une revue rétrospective sur *les Charrues d'Afrique*, M. Henri Chevalier nous en a montré les médiocres transformations en cinq mille ans (21 février).

M. E.-O. Lami, auteur du « Dictionnaire encyclopédique de l'industrie », a bien voulu nous faire (le 21 mars), une conférence sur *l'organisation du travail dans les chantiers et ateliers, avec participation aux bénéfices pour le personnel, ouvriers et employés; les causes diverses d'intervention.*

Après avoir développé diverses considérations sociales, M. Lami s'est étendu sur les divers avantages qui résultent de la participation aux bénéfices.

Dans l'importante discussion qui a suivi, M. Ed. Goffinon, Président de la Société pour l'Étude pratique de la participation aux bénéfices, nous a affirmé que trois applications faites par lui sont en pleine prospérité.

M. H. Casevitz nous a fait, à ce propos, un tableau de la situation actuelle de la classe ouvrière, tableau que je me permets de trouver beaucoup trop sombre, en tous cas, pour nombre de nos industries.

Votre Vice-Président, M. H. Couriot, me paraît avoir fait entendre la note juste en rendant hommage à la générosité des chefs d'industrie pratiquant le partage aux bénéfices, mais en faisant observer, avec l'autorité qui résulte de ses attaches à l'industrie minière, que la participation est ce que j'appellerai un système sans contre-partie, puisqu'il implique des bénéfices constants. Pour M. Couriot, le seul système rationnel d'intéresser l'ouvrier est celui du payement à la tâche et des primes pour bonne exécution du travail.

Cette discussion a été close par une réplique de M. Lami et par l'indication, donnée par M. Balas, du bon fonctionnement d'une participation qu'il a établie depuis de longues années.

Dans la séance du 14 avril, M. Émile Bert nous a indiqué et commenté les *Modifications récentes apportées aux lois régissant les brevets d'invention*, notamment au point de vue de la faculté donnée à l'inventeur, par la loi du 7 avril dernier, de faire retarder d'une année la publication de son brevet.

M. Armengaud jeune, prenant la parole, a énuméré les inconvénients qui résultent, d'après lui, de cette faculté, pour la généralité des industriels. Dans la discussion, entre nos deux Collègues, qui a suivi, M. Bert a reconnu ces inconvénients qu'il considère comme la conséquence inévitable du secret d'une année accordé aux étrangers par la Convention internationale de 1883.

Trois lettres, relatives à la même question, nous ont été envoyées : l'une par M. Ch. Mardelet, l'autre par M. D.-A. Casalonga et la troisième par M. Emile Bert répondant à M. Mardelet.

Il est souvent fort utile d'établir les antériorités et il convient toujours d'éviter la réinvention de procédés déja trouvés.

Ces résultats sont obtenus par l'emploi des *Répertoires industriels ou recueils biographiques de chaque industrie*, dont M. Jules Garçon nous a entretenu dans notre séance du 6 juin.

Vᵉ SECTION

Électricité.

Une seule, mais importante communication, appartient à la Vᵉ Section.

Notre Collègue, M. Léon Gérard, Président de la Société Belge des Électriciens, a pris la peine de venir nous exposer la question des *Chemins de fer électriques*.

Après nous avoir rappelé les avantages théoriques et pratiques (vitesse, économie, confort) que présente pour l'exploitation l'emploi de l'électricité, notre Collègue nous a montré comment ces avantages sont actuellement réalisés, quels sont les procédés et dispositifs employés et sanctionnés par la pratique pour l'infrastructure, les prises de courant et la distribution de l'électricité aux moteurs.

De nombreuses projections ont accompagné cet exposé fort complet.

Accessoirement, M. Gérard nous a fait connaître les classifications qu'il propose pour les systèmes de traction électrique, dès maintenant si nombreux.

A ces nombreuses communications et notes, je ne dois pas oublier de joindre la *Chronique* et les *Comptes rendus* mensuels, documents fort utiles que nous devons à notre infatigable et compétent Collègue, M. A. Mallet.

Si abrégée que soit cette revue de nos travaux techniques, elle suffit à en montrer la diversité et l'importance. Grâce aux conférenciers étrangers qui ont eu l'amabilité de répondre à notre appel, et surtout grâce au zèle et au dévouement des Membres de la Société, la somme de nos connaissances exactes s'est, comme chaque année, notablement accrue en 1902.

Votre Président a pris part aux travaux du Conseil d'administration du Conservatoire des Arts et Métiers, Conseil dont font d'ailleurs partie trois membres de notre Société, MM. F. Reymond, Delaunay-Belleville et A. Liebaut.

M. Bourgeois, lorsqu'il a été nommé Président de la Chambre des députés, a cru devoir résigner les fonctions de Président du Conseil du Conservatoire et il a été alors remplacé par M. Millerand. M. Millerand avait pris, lorsqu'il était ministre du Commerce, les mesures efficaces qui ont donné au Conservatoire des Arts et Métiers sa nouvelle orientation; M. Millerand veut toujours que le Conservatoire soit réellement utile à l'industrie française et, pour atteindre ce but, il a d'excellents collaborateurs en M. Chandèze, Directeur du Conservatoire, M. Breton, Directeur de l'Office national de la Propriété industrielle, et M. Perrot, Directeur du Laboratoire d'essai.

Ce Laboratoire, pour lequel notre Société donne annuellement, depuis 1900, une subvention de 3 000 *f* et en a prévu une égale dans son budget de 1903, sera vraisemblablement en complet fonctionnement à la fin de cette année.

Le personnel est organisé, les appareils commandés et les bâtiments et locaux sont en achèvement.

Parmi les diverses manifestations extérieures auxquelles a pris part notre Société, je me bornerai à rappeler ici :

Notre visite à l'Exposition de l'alcool, visite rendue fructueuse par les conférences qu'ont bien voulu nous y faire MM. de La Valette, G. Coupan et G. Arachequesne ;

L'Exposition de Düsseldorf, qui a donné lieu aux Communications de MM. A. Gouvy et Ch. Compère ;

Le Congrès de la Navigation et le Congrès des Habitations à bon marché, à Düsseldorf, qui ont provoqué les Notes de nos Collègues MM. L. Coiseau et E. Cacheux,

Le Congrès de la Houille blanche, dont a bien voulu nous rendre compte son Président, M. Ch. Pinat, notre Collègue ;

L'Exposition industrielle de Lille ;

La visite faite, sur l'invitation de MM. Lumière, du Photorama installé rue de Clichy (25 mars).

Trois événements importants marqueront la Présidence de 1902 : l'installation du Monument Giffard et la proclamation des Prix Henri Schneider, auxquels nous venons de procéder, et le vote, dans l'Assemblée générale spéciale du 26 décembre, d'importantes modifications aux Statuts et au Règlement de notre Société.

Proposées après une minutieuse étude par cinq de nos Collègues les plus qualifiés, approuvées par vos anciens Présidents, par la Commission d'examen nommée en séance, puis par le Bureau et le Comité de 1902, ces modifications se présentaient à vous avec toute l'autorité, avec toutes les garanties désirables.

Pour ma part, je suis persuadé que ces modifications étaient nécessaires et qu'elles seront profitables. Elles resserreront les liens qui attachent à la Société nos Collègues de province ; elles donneront encore plus d'activité et d'actualité aux travaux techniques de nos diverses spécialités ; elles assureront à la direction de notre Société la continuité de vue nécessaire à toute bonne gestion d'une grande entreprise.

Messieurs, vous avez hâte, je le comprends, d'entendre votre nouveau Président ; nous avons beaucoup travaillé, j'avais à vous le rappeler, telle est la cause de la longueur de ce compte rendu.

Si la Présidence, à laquelle vous m'avez fait l'honneur de me porter, mérite quelques pages dans l'histoire de notre Société, ce sera le résultat du concours effectif que m'ont donné MM. les Membres du Bureau et du Comité, notre Trésorier, notre dévoué Secrétaire administratif, M. de Dax, et beaucoup d'entre vous. Je prie ces chers Collègues d'agréer mes sincères remerciements ; je n'oublierai pas leur précieuse collaboration. *(Applaudissements.)*

Se tournant vers M. Bodin :

Mon cher Collègue,

Votre élection à ce fauteuil, que je vais vous céder, s'est faite sans compétition, et cela ne faisait de doute pour aucun de vos Collègues qui savent de quelle estime vous jouissez dans notre Société.

Cette estime est très légitime, car vous personnifiez fort bien notre

profession : vos connaissances scientifiques et votre pratique, acquises les unes à l'École Centrale et l'autre dans la grande industrie, vous servent en effet à créer des travaux d'art, parmi lesquels nous trouvons des œuvres d'art, telles que le viaduc du Viaur.

Vous avez eu la bonne fortune, à votre sortie de l'École, d'être attaché à l'un de nos grands établissements de construction, à la Société de Construction des Batignolles, qui toujours, depuis sa déjà lointaine fondation sous la raison sociale Ernest Gouin et Cie, a appliqué les méthodes scientifiques et a fortifié le bon renom du Génie Civil français par l'excellence des nombreux travaux qu'elle a effectués à l'étranger, travaux obtenus le plus souvent à la suite de concours.

Dans ce milieu favorable, votre talent de constructeur s'est rapidement développé. Attaché au Service des Ponts et Travaux métalliques, vous en avez été successivement le Chef du bureau des Etudes, l'Ingénieur Chef des Études et l'Ingénieur Chef du Service. Enfin, votre précieuse collaboration vient d'être complètement reconnue par votre récente nomination aux fonctions d'Administrateur de la Société.

Après avoir été tout d'abord Répétiteur du Cours de Résistance des matériaux, vos aptitudes vous ont fait nommer Professeur du Cours de Construction de machines de deuxième année et Membre du Conseil de l'École Centrale.

Vous contribuez ainsi, et par vos œuvres et par votre enseignement, à maintenir au premier rang le Génie Civil français.

Membre de la Société depuis 1874, ayant participé aux travaux du Comité pendant huit années, de 1891 à 1900, Vice-Président en 1901 et 1902, vous connaissez parfaitement les besoins et les aspirations de notre Société.

Le concours de tous vous étant acquis, c'est sous les plus heureux auspices que je remets en excellentes mains la direction de la Société et de ses travaux. C'est en toute confiance que je vous prie de prendre place à ce fauteuil. *(Applaudissements prolongés.)*

M. P. Bodin, nouveau Président, après avoir serré la main de M. L. Salomon, prend place au fauteuil et prononce le discours suivant :

Mon cher Président,

Les paroles si élogieuses que vous venez de prononcer en m'installant à ce fauteuil m'ont profondément touché, car elles viennent d'un Collègue dont j'ai pu apprécier toutes les rares qualités. Elles me flattent hautement, car elles émanent d'un Ingénieur éminent, que sa grande valeur a conduit, très jeune, à diriger les services si importants du Matériel et de la Traction de la Compagnie de l'Est.

C'est donc un plaisir, en même temps qu'un honneur pour moi, de vous adresser, pour votre Présidence si tôt achevée, les remerciements de tous les Membres de la Société. Ils n'oublieront pas, soyez-en certain, en quelles circonstances délicates vous avez accepté la Présidence d'une année écourtée. Ce sacrifice de soi-même aux intérêts de la Société est d'un grand cœur : il aurait suffi à vous conquérir l'estime de tous, si vous ne l'aviez déjà possédée. *(Vifs applaudissements.)*

Pour moi, je prends ce fauteuil, avec le regret de ne plus vous avoir comme Président, mais avec la douce pensée que vous voudrez bien rester mon ami. *(Très bien! Très bien! Applaudissements.)*

MESSIEURS,

En m'appelant à présider la Société des Ingénieurs Civils de France, vous avez moins montré ce que je suis que ce que je devrais être. Et lorsque j'envisage la force et l'ampleur d'une telle association d'hommes de valeur, lorsque je considère la longue et brillante suite des Ingénieurs éminents, des professeurs célèbres, des industriels renommés auxquels vous me faites succéder, je mesure à son juste prix l'étendue de votre bienveillance, j'apprécie comme il convient l'honneur insigne que vous me conférez, et je sens combien est grande la gratitude dont je vous suis redevable.

Certes, ces intelligences élevées dont les noms seuls, synonymes de pensée et de labeur, évoquent tout un amas d'idées, tout un monde de découvertes, ces esprits distingués qui, d'année en année, se sont succédé à ce fauteuil, ont gagné un nouvel éclat à l'occuper.

Mais combien aussi la gloire de leurs œuvres n'a-t-elle pas rejailli sur la Société qui les a placés à sa tête, qui les a choisis comme guides dans sa marche vers le Progrès!

Aujourd'hui, comme successeur à ces Flachat, à ces Pétiet, à ces Lavalley, à ces Yvon-Villarceau, à ces de Dion, à tous ces géants de science qui, peu à peu, avec l'éloignement des années, dépouillent toute individualité et fondent leurs unités brillantes en un tout compact et glorieux : l'Industrie française, comme héritier de leurs traditions saines et fortes, comme continuateur de leur œuvre toute d'intelligence et aussi toute de cœur, vous m'avez choisi.

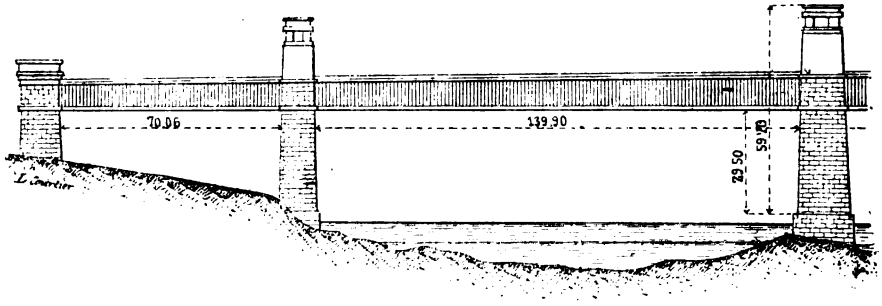
La Société n'a pas à attendre de moi l'éclat que tous ces grands noms d'eux-mêmes lui apportent, non plus que la vigueur de ces talents si largement épanouis, non plus que la profondeur du savoir de ces Maitres, qui resteront toujours nos modèles parce qu'ils sont la réalisation parfaite de l'Ingénieur civil. Du moins m'efforcerai-je, et ce sera là, je crois, la preuve la meilleure de ma reconnaissance, de maintenir parmi nous la même hauteur de vues, la même impartialité de jugements, la même ardeur de recherches, en un mot, tout ce qui nous fera marcher vers notre but : le progrès du Génie civil.

Voilà ma voie bien tracée : j'y entre sans crainte, assuré que je suis d'une aide précieuse, celle de tous nos Collègues si dévoués du Bureau et du Comité. Au reste, moi-même, j'apporterai à cette œuvre toutes mes facultés, toutes mes connaissances.

Et, dès aujourd'hui, je le fais, car je suis heureux de me plier à la coutume qui invite tout nouveau Président à parler sur un sujet qui lui est familier. J'imite mes éminents prédécesseurs et vous demande de parcourir avec moi les productions de l'*Industrie des Ponts métalliques*, en notant les seuls ouvrages types, qui nous marqueront chaque pas, chaque stade de son développement. Cette évolution vous sera d'autant plus nette, je crois, que ma parole sera plus brève. Aussi me bornerai-je à une étude très succincte des *Ponts à poutres*, puis des *Ponts en arc*.

Je laisse de côté, si remarquables qu'ils soient pour une époque de tâtonnement où l'on ne disposait guère que de la fonte, les premiers ouvrages métalliques, tels que le pont des Arts (1803), composé de pièces en fonte en forme de barres et d'arcs.

Je passe directement aux ponts en fer, dont les premiers et si beaux exemples sont les ponts de Britannia et de Conway, d'Asnières et de Langon. Le premier d'entre eux, le pont de Britannia, construit en 1850 sur le détroit de Menai, fut une véritable révélation des avantages qu'offrait l'emploi du fer. Le tablier de ce pont, dont le mode de construction rappelle celui des chaudières, est composé de deux grands tubes à section rectangulaire, dont les quatre parois, entièrement pleines, sont formées de tôles et de cornières. Comme supports, deux culées et trois piles, symétriquement distantes de 70 et 140 *m*. Dans ces grands tubes hauts de 7 à 9 *m*, larges de 4 *m*, on a lancé des trains. L'audace était grande, car les dimensions des pièces n'avaient été déterminées que par des expériences diverses faites sur des modèles à échelle réduite, surchargés jusqu'à rupture.



Pont de Britannia, sur le détroit de Menai.

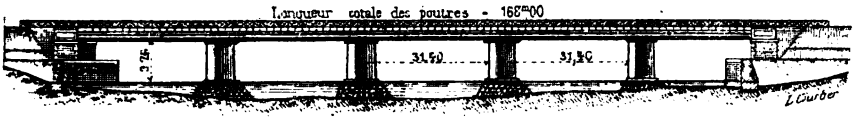
Il est intéressant de rappeler que la première communication à la Société a eu pour sujet le pont de Conway, dont le mode de construction est identique, quoique cet ouvrage ne soit qu'à une travée.

Rapidement l'exemple fut suivi. Mais on se rendit bientôt compte que, pour résister plus efficacement aux efforts, les parois (ou semelles) supérieure et inférieure, devaient être reliées entre elles en le plus de points possible par des parois verticales (ou âmes); la largeur des semelles fut donc réduite et le nombre des âmes multiplié. La forme tubulaire complètement fermée fut délaissée; le tablier fut alors constitué par deux poutres latérales reliées par des pièces transversales, chacune de ces poutres étant composée de semelles rendues solidaires par une ou deux parois verticales.

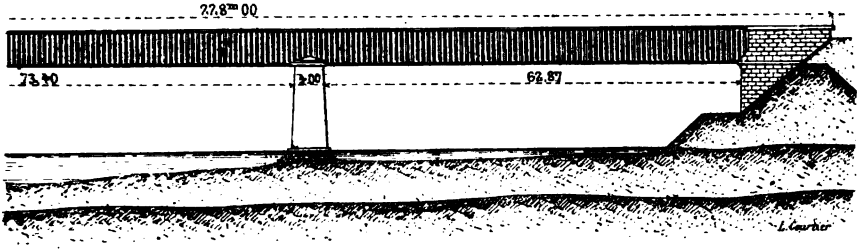
Les ponts d'Asnières (1852) et de Langon (1855) sont de ce type dont chaque partie constitutive a, dès lors, son rôle parfaitement assigné. Dans ceux-ci, le voilement des tôles verticales des poutres, qui était à craindre, est combattu par l'addition de membrures de soutien, toutes verticales au début, vrais montants dont un certain nombre sert d'attache aux liens transversaux des poutres, puis inclinées près des appuis, là où les efforts tranchants sont le plus considérable.

Je ne m'arrête qu'à ces deux ouvrages; mais ils ont fait école et leur type a été maintes fois repris, avec les seules modifications qu'exigeaient les données locales.

Lors des études du pont d'Asnières, Clapeyron établissait les formules



Pont d'Asnières, sur la Seine.



Pont de Langon, sur la Garonne.

qui permettent de déterminer avec simplicité les moments fléchissants et les efforts tranchants qui se produisent au droit des points d'appui d'une poutre continue. La connaissance de ces formules a permis de proportionner les sections des pièces aux efforts qu'elles ont à subir, et a contribué à faciliter l'étude des ponts à poutres continues.

Aussi, encore que la continuité des poutres ait été abandonnée dans bien des cas, devons-nous adresser un remerciement reconnaissant à la mémoire de Flachat, qui, presque sans calculs, a construit des ouvrages qui semblent impérissables : tel le pont d'Asnières, dont ni les années, ni les surcharges n'ont altéré le métal. L'exemple de cet ouvrage, qui sort victorieux d'une épreuve d'un demi-siècle, que n'ébranlent point les passages simultanés et incessants de trains, chaque année plus lourds, est bien fait pour confondre les critiques qui doutaient de la durée des constructions métalliques. A l'école de cet homme de génie, qui fut sept fois notre Président, se sont formés des Ingénieurs et des Constructeurs habiles et renommés : les Molinos, les Pronnier, les Gouin, et tant d'autres, véritable pépinière d'hommes éminents qui, soit par eux-mêmes, soit par leurs élèves, ont fait cette branche de notre industrie si prospère et l'ont répandue dans le monde entier.

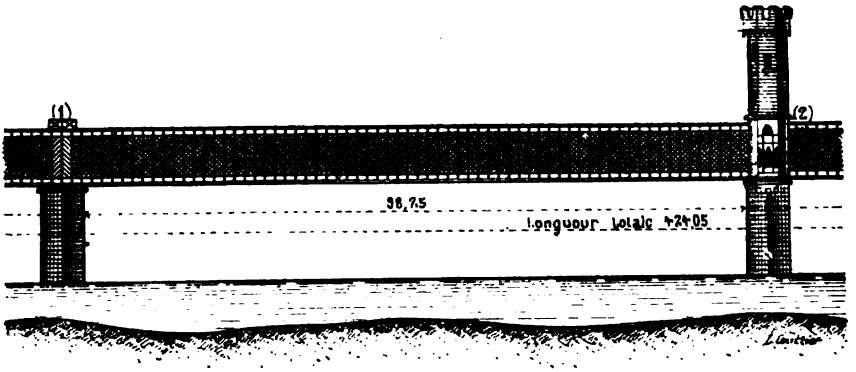
Mais bientôt le calcul indiqua que le métal était en excès dans les parois verticales des poutres. Alors les âmes évidées furent substituées aux âmes pleines en tôle et l'on employa des barres en fer plat inclinées à 45° environ, sorte de lattis à mailles serrées qui parut rendre la construction plus économique. Comme dans ces lattis les efforts ne peuvent agir que dans le sens de la longueur des barres, il s'ensuit que, de

deux plats qui se croisent, l'un subit un effort de traction, l'autre un effort de compression.

Tout d'abord — et tels sont les ponts :

De Dirschau	1850-1857
De Berne	1856-1859
D'Offenbourg	1858
De Cologne	1856-1860
D'Argenteuil	1863

— le lattis n'était composé que de fers plats, se maintenant l'un l'autre.

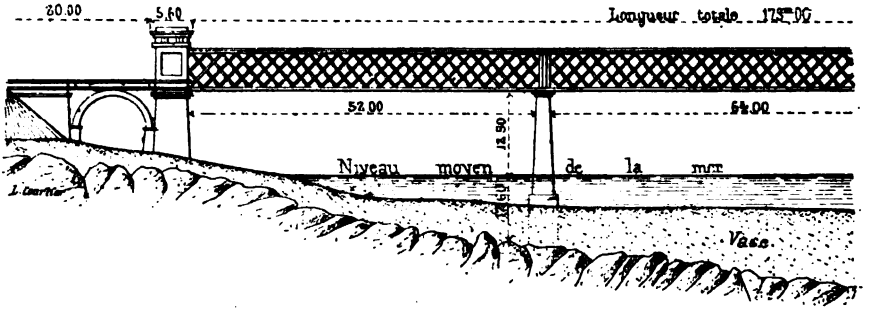


Pont de Cologne, sur le Rhin.

On l'améliora par l'addition de pièces supplémentaires, qui renforcèrent certains des plats et rendirent plus efficace leur résistance à la compression : les ponts

De Drogueda	1855
Et de Lorient	1863-1864

nous en donnent des exemples.



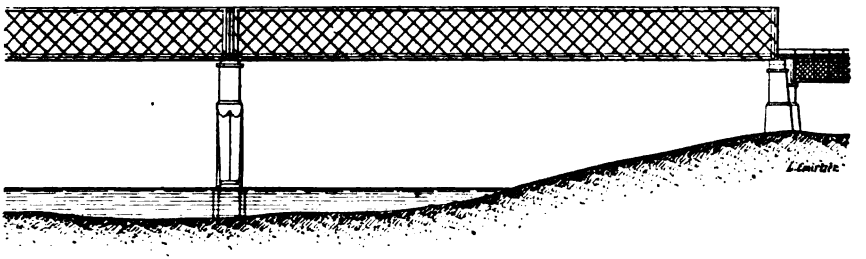
Pont de Lorient, sur le Scorff.

Dès cette époque, les poutres principales des ponts ont donc été composées de semelles réunies par une sorte de treillis, formé de deux séries de plats, capables de résister, les uns à la traction, les autres à la com-

pression. Malgré un faible renforcement, l'écartement réduit des mailles rendait effective la résistance à la compression : le métal était plus judicieusement employé, puisque, à égalité de résistance, le poids de l'ouvrage était moindre.

Le renforcement des barres soumises à des efforts de compression était donc un nouveau progrès.

Ensuite, on remplaça les plats et leur renforcement par des barres profilées, cornières, ou **T**, ou **U**, de telle sorte que la section était constante sur toute la longueur de la barre. Les ponts sur le Volga, 1871 (ligne de Rybinsk à Bologoï), de l'Europe, du boulevard Masséna, sont de ce type.



Pont sur le Volga, à Rybinsk.

Puis on fut conduit à constituer tout le treillis avec des profilés, qui avaient, sur les fers plats, l'avantage de le rendre plus rigide, les barres se soutenant mutuellement.

Ce treillis se calculait soit en divisant l'effort tranchant d'une section verticale par le nombre des barres rencontrées dans cette section, soit en supposant, comme l'indique Ritter, que les poutres à mailles multiples sont formées par la superposition de plusieurs poutres à mailles simples.

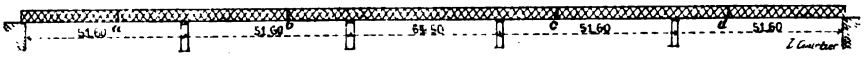
On est ainsi arrivé à préférer les poutres composées de mailles simples, dites à grandes mailles, caractérisées par ce fait que leur diagramme est formé d'une juxtaposition de triangles, triangles en **N** ou en **V**, avec ou sans éléments verticaux. Ces poutres ne possèdent que le nombre strictement nécessaire de barres ; elles sont dites sans barres surabondantes. Un savant mémoire de M. Maurice Lévy, auquel un des prix Henri Schneider vient d'être décerné, démontre que les poutres triangulées doivent, en principe, être adoptées de préférence, parce qu'elles sont théoriquement les plus économiques. Leur calcul est plus rigoureux, parce qu'il se rapproche davantage de la réalité, lorsqu'on néglige les efforts dus aux liaisons des barres entre elles.

Bien que nous ayons coutume de river les pièces les unes aux autres, nous admettons volontiers, dans nos calculs, que les efforts de liaison sont négligeables ; l'expérience de la durée de nos ouvrages justifie cette hypothèse. Du reste, les Américains, qui ont construit de très nombreux ouvrages avec des liaisons articulées, abandonnent ce mode de construction, depuis ces dernières années seulement, pour adopter les poutres complètement rivées.

Jusqu'à présent, je n'ai parlé que de ponts à poutres reposant sur plus de deux appuis. Le calcul de ces poutres suppose que le niveau de ces appuis reste invariable, quelle que soit la position de la surcharge sur l'ouvrage. Cependant la nature du terrain d'appui de la fondation fait craindre parfois des tassements ; l'appui lui-même encore (dans le cas d'une pile métallique, par exemple) peut produire quelques variations de niveau. Aussi, dans ces deux cas, a-t-on préféré employer des poutres qui ne reposent que sur deux appuis. Mais il en résulte une certaine augmentation dans la dépense du métal, puisque l'on renonce à l'encastrement partiel, sur les appuis, que produit la continuité des poutres.

Pour diminuer la dépense, on a construit des poutres dont la hauteur n'est pas constante sur toute leur longueur. Cette hauteur est, en chaque point et dans une certaine mesure, en rapport avec la grandeur du moment fléchissant.

En 1872, Gerber a construit sur le Danube, à Vilshofen (Bavière), un pont qui, bien que composé de poutres à deux appuis seulement, présente une disposition qui a l'avantage d'un encastrement partiel sur chaque appui. Il a simplement donné à la poutre une longueur plus grande que l'écartement des appuis. Cette poutre forme donc, de chaque côté, en dehors de la travée, une sorte de console. De plus, à l'extrémité de chaque console, repose une autre poutre qui, placée dans le plan de la poutre principale, en est la continuation. La longueur de la console est combinée de manière à obtenir l'encastrement partiel le plus favorable.



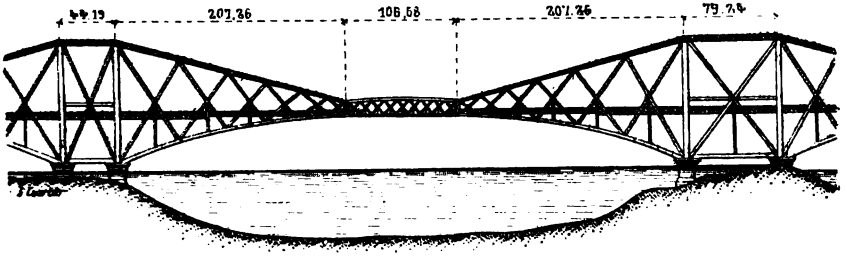
Pont de Vilshofen, sur le Danube.

On arrive, ainsi, à réaliser une économie comparable à celle que donne l'emploi d'une poutre continue, mais l'on n'a aucun des inconvénients de cette continuité.

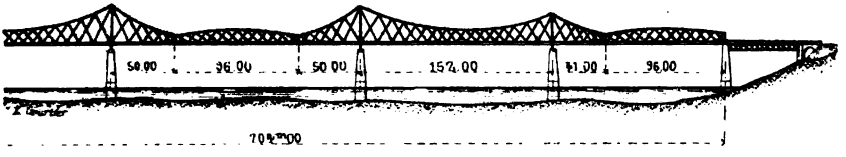
En Amérique, ce système a été appliqué à la construction du viaduc de Dixville, sur la rivière Kentucky (1877). On a ainsi évité les inconvénients de la dénivellation que produisent les variations de température dans les piles métalliques d'une grande hauteur.

Cette disposition est tout à fait remarquable. Elle a été appliquée dans beaucoup d'autres ouvrages, soit avec des poutres de hauteur constante, soit encore avec des poutres dont la hauteur varie en chaque point, en proportion de la grandeur du moment de flexion. Le pont du Forth (1883-1890) et le pont de Tchernavoda (1890) sont des applications de ce système, qui est dit à *consoles*, ou *cantilever*.

Dans ces ouvrages, on n'a pas craint d'employer des barres de très grande longueur, dans le but de simplifier le diagramme de la construction. Ce type permet de construire des ouvrages dont les travées ont des ouvertures considérables, auxquelles on ne pouvait songer jusqu'alors : le pont du Forth, qui en est une des plus belles applications, a deux travées de plus de 500 *m* d'ouverture chacune.



Pont du Forth.



Pont de Tchernavoda, sur le Danube.

Il semble que ce type, construit sans barres surabondantes, soit le dernier degré de perfectionnement des ponts à poutres que l'on puisse songer à appliquer dans le cas d'ouvrages à grandes portées.

Les ponts en arc ont subi des transformations analogues et sont arrivés à un degré de perfectionnement comparable.

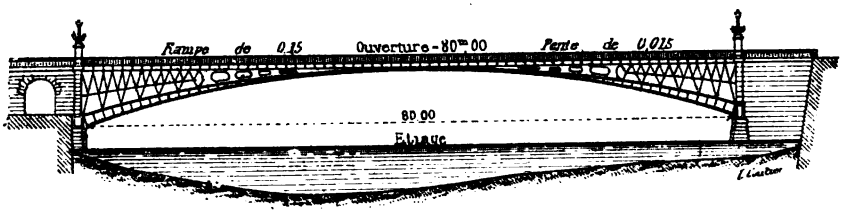
Ces ponts ont d'abord été considérés comme composés uniquement d'un arc servant d'appui au longeron par l'intermédiaire de pièces, verticales, circulaires, en N ou en forme de croix. On les calculait en ne tenant compte que de la résistance de l'arc. On ne mettait cependant pas en doute que le longeron, et ses pièces de liaison avec l'arc, contribuaient à la résistance; mais les formules dont on disposait ne s'appliquaient qu'à des arcs simples. Ritter, puis Albaret, indiquèrent une méthode et des formules avec lesquelles peuvent être évalués les efforts de toutes les pièces de l'arc, du longeron et du treillis qui forme les tympans.

Il faut remarquer que, dans une telle construction, où la longueur du longeron est généralement égale à l'ouverture de l'arc, les extrémités du longeron ne supportent aucun effort, que l'arc soit appuyé ou encastré à ses naissances. Donc le métal du longeron, dont la section a une limite au-dessous de laquelle on ne peut descendre, ne subit, dans ses parties extrêmes, que des efforts unitaires très faibles : par conséquent, ce métal y est mal utilisé.

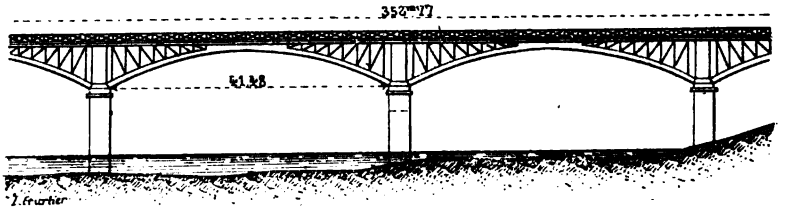
Cadiat imagina de fixer les deux extrémités du longeron à la maçonnerie, lorsque l'ouvrage n'a qu'une travée, ou aux longerons des arcs voisins, lorsque l'ouvrage a plusieurs travées. Il obtenait ainsi aux extrémités de la travée un encastrement, d'où devaient résulter, pensait-il, une meilleure répartition des efforts et, par suite, une économie de métal. Ce raisonnement semblait exact, car de telles attaches faisaient naître, sous l'action de la surcharge, des efforts longitudinaux dans la

direction du longeron. Ces efforts augmentaient le travail des parties extrêmes du longeron, dont le métal était ainsi mieux utilisé. En outre, ils diminuaient la poussée, et par là soulageaient l'arc lui-même, dont la section nécessaire devenait alors moins grande.

Le pont d'Arcole d'une seule arche (1855) et le pont de Szegedin (Hongrie) de huit arches solidaires (1856-1859) ont été conçus d'après ce système.



Pont d'Arcole, sur la Seine, à Paris.



Pont de Szegedin, sur la Theiss.

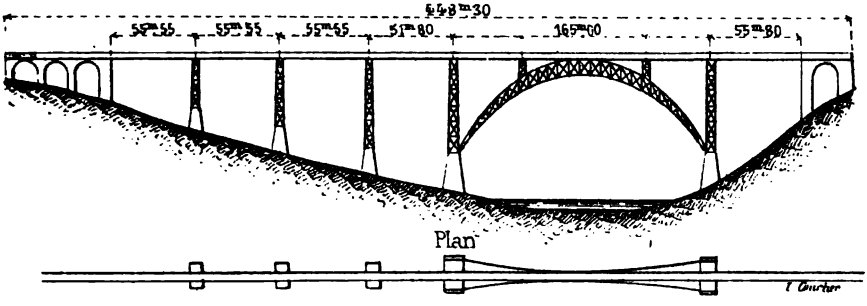
Mais, dans ces ouvrages, l'encastrement que réalisaient les attaches, avantageux lors de la surcharge, devenait très nuisible sous l'action de la température. En effet, comme ses extrémités étaient maintenues à une distance invariable, le longeron, pièce rectiligne ou sensiblement rectiligne, ne pouvait se contracter ou se dilater librement : d'où résultaient de très considérables efforts unitaires de traction ou de compression. Au pont d'Arcole, il y eut rupture des attaches à la maçonnerie ; elles furent supprimées, mais on dut ajouter à la construction, dont certaines parties se trouvaient alors trop faibles, des pièces supplémentaires de renforcement. Au pont de Szegedin, la maçonnerie d'une culée fut arrachée en partie et l'on dut supprimer les attaches dans les culées.

Depuis, un grand nombre de ponts en arc a été construit, mais tous sont à travées indépendantes, puisque l'expérience démontrait que l'encastrement était plus nuisible qu'utile. Tels sont les ponts :

De Pesth (Hongrie) ;
Morand et Lafayette, à Lyon ;
Sur le Douro, à Porto ;
De Garabit, de même type que le précédent.

Dans certains de ces ouvrages, les arcs sont encastrés, dans les autres, ils sont articulés, mais, dans tous, le longeron a sensiblement la même longueur que l'arc ; dans tous, il a les extrémités libres.

Pont Marguerite, sur le Danube, à Pesth.



Viaduc de Garabit, sur la Truyère.

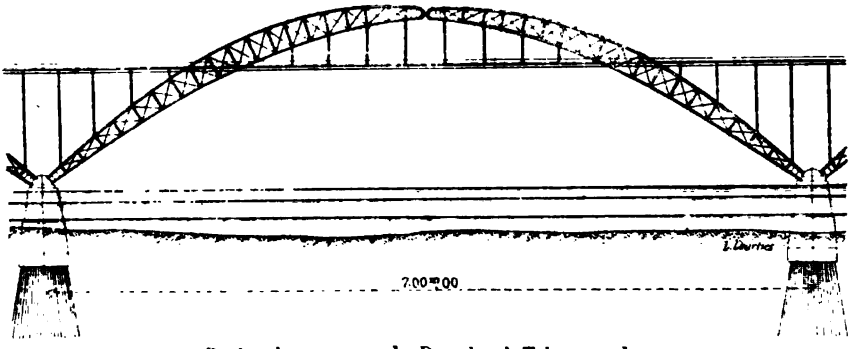
Dans les uns, l'arc est intimement relié au longeron par des pièces en croix ou en N ; pour d'autres, l'arc n'est relié au longeron que par des pièces verticales qui n'établissent entre eux qu'une solidarité relative. Pour certains, les appuis sont réalisés par des plaques qui déterminent l'invariabilité du plan des naissances, c'est-à-dire qui réalisent l'encastrement de l'arc. Pour d'autres, cette invariabilité n'est réalisée qu'après l'achèvement complet de la construction, par le jeu de coins, de telle sorte qu'ils peuvent être considérés comme articulés pour leur poids propre à la température de pose, et encastrés pour la surcharge. Pour d'autres enfin, les appuis sont réalisés par des rotules, comme au premier pont de Porto et au pont de Garabit.

Mais dans tous ces ouvrages, qu'ils soient encastrés aux naissances pour le poids propre et la surcharge, qu'ils ne soient encastrés que pour la surcharge seule, ou enfin qu'ils soient articulés aux naissances, les changements de température produisent toujours des variations dans le travail du métal. Ces variations sont d'autant plus importantes que la raideur de la construction est plus grande ; et cependant il faut que la construction ait le moins de flexibilité possible.

On est arrivé à soustraire les ponts en arc à ces efforts supplémentaires et à les rendre aussi indépendants de l'action de la température que le sont les ponts à poutres, en plaçant une troisième articulation à leur sommet. Avec cette addition, les deux parties de l'arc se soulèvent ou s'abaissent suivant que la température augmente ou diminue ; mais il ne peut se produire aucun effort supplémentaire, par conséquent aucune modification de travail dans le métal, puisque, dans ces mouvements, chacune des parties de la construction conserve sa forme.

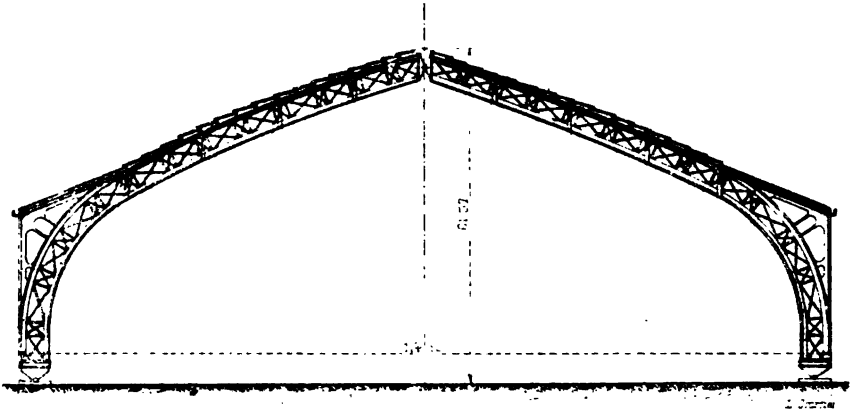
L'idée de construire des arcs à trois articulations est déjà ancienne. On la trouve appliquée dans les petits ponts du canal de l'Aisne à la Marne ; elle a été proposée dans un projet présenté en 1883 au concours

pour la construction du pont sur le Danube, à Tchernavoda ; elle est exprimée dans l'ouvrage de Boyer sur le viaduc de Garabit ; elle est appliquée au pont sur l'Oued Saf-saf.



Projet de pont sur le Danube, à Tchernavoda.

Enfin, la première application importante connue de tous, en a été faite à l'Exposition Universelle de 1889, aux fermes de la Galerie des Machines, qui subsiste encore.



Galerie des Machines de l'Exposition de 1889.

C'était faire preuve d'une grande hardiesse, car à cette époque, bien des Ingénieurs en critiquaient l'emploi, donnant comme raison que la continuité de l'arc n'existait plus à la clef. Mais c'était montrer une grande sûreté de jugement. Aussi est-ce un devoir pour moi de rappeler ici que l'Ingénieur de cette construction a été Contamin, l'un de nos anciens Présidents, dont nous conservons un souvenir de respectueuse admiration. *(Vifs applaudissements.)*

Nous avons vu que les poutres des ponts à simple appui, dans lesquels les variations de la température ne produisent pas, théoriquement

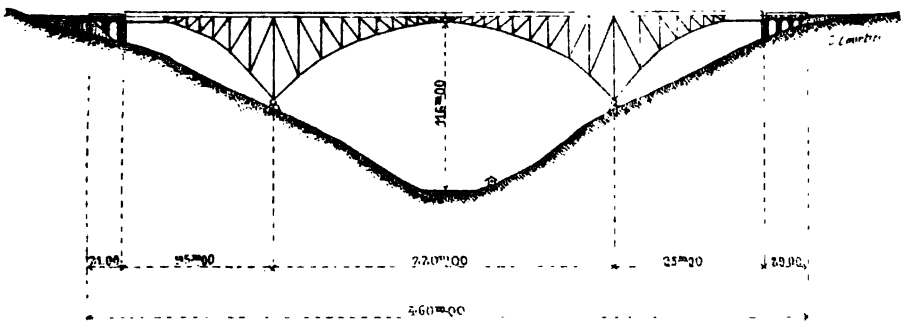
du moins, de modifications dans le travail du métal, avaient été très heureusement perfectionnées lorsqu'on eût établi leur diagramme sans barres surabondantes, proportionné leur hauteur aux efforts, enfin déterminé un certain encastrement sur les appuis par l'addition de consoles.

Les ponts en arc étaient arrivés à posséder tous ces avantages, excepté toutefois l'encastrement partiel sur les appuis.

On a pu créer un système de ponts en arc réalisant ce dernier perfectionnement, en ajoutant une console de chaque côté de la travée et en dehors des appuis. Ces consoles, dites *encorbellements* ou *culasses*, produisent de véritables encastrements partiels dont l'importance est en rapport avec leurs dimensions. Elles apportent, par conséquent, l'économie que cherchait Cadiat, et n'ont aucun des inconvénients de l'encastrement fixe; car il est toujours possible de munir les arcs de trois articulations, pour que le système reste libre d'obéir aux effets de température.

On arrive ainsi à un système qui, du moins pour les grandes travées, est plus économique que les arcs ordinaires parce que la poussée est réduite et l'effort utilement réparti dans le longeron.

Le système à arcs équilibrés a été appliqué pour la première fois au projet du viaduc du Viaur, étudié par la Société de Construction des Batignolles. Ce viaduc vient seulement d'être terminé : la ligne de Carmaux à Rodez, sur laquelle il se trouve, a été ouverte à l'exploitation le 18 décembre dernier.



Viaduc du Viaur.

D'autres applications en ont été déjà faites : le projet du pont Mirabeau sur la Seine, à Paris; le pont Troitzky sur la Neva, à Saint-Pétersbourg; un pont tout récent sur le Rio Grande, etc.

Lorsque la portée est considérable, comme au viaduc du Viaur, où l'arche centrale a 220 *m*, et que la hauteur au-dessus du sol ne permet pas d'établir un échafaudage, le montage doit être fait en *porte-à-faux* Il faut alors que chaque pièce, ou partie de pièce, ait sa position réglée, et qu'elle soit fixée définitivement avant la mise en place de la pièce qui doit suivre. On conçoit qu'il est absolument nécessaire, dans un ouvrage important, de vérifier que la dernière pièce fixée occupe exac-

tement la position assignée : ainsi seulement l'ensemble de la construction présentera, à son achèvement, la forme prévue. Comme le système est élastique, sa forme varie à chaque addition de pièce et à chaque déplacement des engins de montage ; on doit tenir compte de ces déformations et les calculer pour chacune des phases de la construction.

Ce calcul peut se faire très exactement, en supposant que le système est formé de barres articulées, par l'application du principe du travail virtuel ; mais il doit être répété pour chacun des points dont on veut connaître la position, ce qui est d'une application très longue.

On peut procéder par un simple tracé d'épure qui donne, pour chaque variation de charge, la forme complète du système tout entier. En effet, dans certaines limites, compatibles avec la forme du système, les déformations sont proportionnelles aux charges appliquées. Si donc on suppose que les charges sont n fois plus grandes que les charges réelles, et si on trace en vraie grandeur une épure, avec les longueurs des barres réduites, ou augmentées, dans la proportion de n fois les diminutions ou les augmentations produites par les efforts, on aura un tracé qui représentera le système n fois plus déformé, c'est-à-dire un tracé où les déplacements seront n fois plus grands qu'en réalité.

Mais il est beaucoup plus simple de faire ce tracé à l'échelle de $\frac{1}{n}$: les déplacements seront alors réduits en proportion, et, en définitive, l'épure indiquera les déplacements réels, qu'il suffira de mesurer.

Dès 1886, lors des premières études du projet du viaduc du Viaur, cette méthode était employée dans les bureaux de la Société des Batignolles.

Le grand avantage qu'elle présente est que tous les déplacements et, par suite, toutes les flèches verticales et horizontales sont immédiatement indiqués sans difficulté ni tâtonnement. Il n'est donc plus nécessaire, lorsqu'on recherche la plus grande flèche produite par des charges, de faire une hypothèse, ou une première étude, pour déterminer le point où elle a lieu.

On peut appliquer ce tracé dans le cas d'un système à barres surabondantes.

Cette méthode n'est, en somme, que l'application graphique du principe du travail virtuel. Elle a été employée lors du montage du viaduc du Viaur : elle a permis de se rendre compte des moindres écarts qui se sont produits dans la position des pièces. Aussi est-on arrivé à effectuer le clavage de ce viaduc avec une exactitude certainement surprenante, puisque la différence entre la hauteur prévue à la clef et la hauteur réelle n'est pas appréciable : 1 à 2 *mm. (Applaudissements prolongés.)*

De tous les ouvrages actuels, comme pont à poutres, le pont du Forth a les plus grandes travées ; comme pont en arc, le viaduc du Viaur a la plus grande portée. Mais il ne paraît pas douteux que les ouvertures actuelles ne soient bientôt dépassées : les types de ces ponts, qui le permettent dès maintenant, se perfectionneront encore, du reste, suivant les lois du progrès.

Ces perfectionnements, ces progrès successifs, ne sont pas, ne peuvent pas être l'œuvre d'un seul. Il faut donc en reporter la gloire aux institutions qui groupent les unités, qui mettent au grand jour le travail de chacun, de telle sorte que tous s'entr'aident avec cette communion d'idées sans laquelle il n'y aurait pas continuité de progrès.

Aussi est-ce cet anonymat multiple, où l'apport de chacun est fermenté par le travail de tous, cette ruche laborieuse, d'où sortent éprouvées les idées que quelques-uns ont ensuite l'honneur de fixer et de réaliser, aussi est-ce la Société des Ingénieurs Civils de France qui doit recueillir les lauriers dont on couronne le Génie Civil Français. *(Longs et vifs applaudissements.)*

II

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

Le procès-verbal de la séance du 19 décembre 1902 est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de :

MM. W.-H. Barlow, Membre de la Société depuis 1879 et Membre Honoraire depuis 1888, ancien Président de l'Institution of Civil Engineers;

J.-G. Baudot, Membre de la Société depuis 1881, Ingénieur civil;

O. Houbigant, ancien Élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers (1856), Membre de la Société depuis 1877, Ingénieur civil, ex-contrôleur-inspecteur des Travaux extérieurs du Chemin de fer du P.-L.-M.;

A. Gabelle, Membre de la Société depuis 1889, Constructeur de travaux en fer;

H.-P.-L. Lasne, Membre de la Société depuis 1880, ancien répétiteur de Chimie industrielle à l'École Centrale, arbitre rapporteur près le Tribunal de la Seine;

Ch.-A. Saint-James, ancien Élève de l'École Centrale (1848), Membre de la Société depuis 1852, Inspecteur de la Voie au Chemin de fer du Nord;

E.-F. Simon, Membre de la Société depuis 1894, ancien Ingénieur en chef de la ligne de Sofia-Roman.

M. LE PRÉSIDENT adresse aux familles de ces regrettés Collègues les sentiments de condoléances de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que MM. E. Bertrand de Fontviolant et H. Mamy ont été nommés Chevaliers de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT leur adresse les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans un des plus prochains Bulletins.

M. LE PRÉSIDENT annonce que le 41e Congrès des Sociétés Savantes s'ouvrira à Bordeaux, le 14 avril prochain, jusqu'au vendredi 18.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de :

MM. P.-P.-J. Baudoin, L. Buchler, M.-L.-J. Forest, M.-E.-J.-L.-P. Petit, L. Ribourt, comme Membres Sociétaires;
et de :

MM. E. Hutter, J. Thiollier, comme Membres Associés.

M. L. Pélissier est admis comme Membre Sociétaire.

La séance est levée à 10 heures 45 minutes.

Le Secrétaire,
J.-M. Bel.

ANNEXE

AU

DISCOURS DE M. L. SALOMON

PRÉSIDENT SORTANT

DISTINCTIONS HONORIFIQUES

I. — DÉCORATIONS FRANÇAISES

Officiers de la Légion d'honneur : MM. S. Périssé, L. Masson.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. P. Fougerolle, L. Mercier, E.-I. Bernheim, L.-A. Lambert, E. Mimard, Ad. Réveillac, S. Colle, Ch. Barbe, A.-R. Etchats, P.-G. Maunoury.

Officiers de l'Instruction Publique : MM. Ed. Pommay, H. de Baecker, Ch. Bourdon, Ed. Halphen, A.-J. Lespès, G.-Ch.-E. Vigreux, G. Dewenne, J.-E.-G. Duvignaud, D. Wourgaft.

Officiers d'Académie : MM. D. Dorian, F.-L. Dubois, R.-E. Bloch, F.-M. Boutain, E.-P.-E. Desgrandchamps, C. Durey, E.-L.-G. Herscher-Geneste, R. Kiener, Ch. Michel, Ch.-L. Regnault, F. Schiff, L. Simon, J. Robert, X. Gosselin, M. Marot.

Officiers du Mérite Agricole : MM. Ch. Baudry, G. du Bousquet, F. Dehaître, H.-A. Deroy, Ch. Jablin-Gonnet, A. Cabasse, L. Denayrouze, L. Salomon.

Chevaliers du Mérite Agricole : MM. A. Darracq, P. Regnard, E. Chardon, A. Fritscher, F.-M. Boutain, A. Hallier, Hallam de Nittis, L.-G. Worms, A. Aubert, E. Halphen, G. Mestayer, E. Prangey, J.-A. Amiot, L. Desmarais, E. Guyot-Sionnest, A. Lecomte, A.-I. Loreau, L. Périssé, A.-S. Rodrigue, L. Serpollet, F. Brunsvick, A.-F. Lemoine.

II. — DÉCORATIONS ÉTRANGERES

Grand-Croix de Saint-Stanislas de Russie : M. L.-E. Bertin.

Chevalier de Sainte-Anne de Russie : M. E. Watigny.

Commandeur de la Couronne d'Italie : M. P. Boubée.

Chevalier de François-Joseph d'Autriche : M. J.-G. Hardy.

Commandeurs d'Isabelle la Catholique : MM. V. Alvargonzalez, L. Coiseau, F. Allard A. Couvreur.

Chevalier d'Isabelle la Catholique : M. F. Arnodin.

Commandeur d'Alphonse XII d'Espagne : M. A Combet de Larenne.

Chevalier de Charles III d'Espagne : M. L. Albertini.

Commandeur de Saint-Jacques du Portugal : M. P. Buquet.

Officiers de Saint-Jacques du Portugal : MM. Ch. Lucas, G.-L. Pesce.

Commandeurs de la Conception du Portugal : MM. A.-E. Imbert, E. Debarme.

Chevalier de la Conception du Portugal : M. J. Robert.

Chevalier du Christ du Portugal : M. J. Robert.

Chevalier de Léopold de Belgique : M. E. Cacheux.

Commandeur du Medjidieh : M. R. Abt.

Chevalier du Dannebrog (Danemark) : M. J. Hignette.

Commandeur du Nicham-Iftikar : M. A. du Beaufret.

Officiers du Nicham-Iftikar : MM. J. Delaunay, F. Journet, Ch. Michel, G.-H. de Vésine-Larue.

Commandeur du Dragon d'Annam : MM. H. Couriot, Ch. Hazelaire.

Commandeur du Nicham-El-Anouar : M. A. de Gennes.

Brevet du Kim-Khanh de 2e classe (Annam) : M. M. Laferté.

PRIX, RÉCOMPENSES, NOMINATIONS

I. — PRIX ET RÉCOMPENSES

Médaille d'argent, décernée à M. E. Poillon, au Concours international de grilles, ouvert à l'Exposition des charbons minéraux espagnols de 1901, à Barcelone (séance du 2 mai).

Médaille d'or décernée à M. A. Lencauchez par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale (séance du 20 juin).

Médaille de la Presse Coloniale, décernée à M. J.-M. Bel, par la Société de Géographie commerciale de Paris (séance du 7 mars).

Prix annuel de 1902, décerné à M. A. Gouvy (séance du 20 juin).

Prix Alphonse Couvreux 1902 (triennal), décerné à M. L. Coiseau (séance du 20 juin).

Prix Giffard 1899, prorogé en 1902 (triennal), décerné à M. L. Périssé et à M. L. Turgan *ex æquo* (séance du 20 juin).

Prix Ch. Robert (biennal), décerné en 1902 par la Société pour l'étude pratique de la participation aux bénéfices (séance du 10 janvier).

Prix Juteau-Duvigneaux, décerné à M E. Horn, par l'Académie française (séance du 4 juillet).

II. — NOMINATIONS

De M. P. Boubée, comme Professeur titulaire à l'École royale des Ingénieurs à l'Université de Naples (séance du 10 janvier).

De M. Ch. Compère, comme Membre de la Commission municipale de fumivorité dans Paris (séance du 10 janvier).

De MM. Bajac, Honoré et de Zuylen, comme Membres du Jury du Prix Giffard, de 1899 (prorogé en 1902) et de 1902, à décerner en 1902 (séances des 10 et 24 janvier).

De M. Léon Gérard, comme Président de la Société belge d'Électriciens, à Bruxelles séance du 24 janvier).

De MM. Couvreux, A. de Gennes et G. Richard, comme Membres du Jury du Prix Couvreux, à décerner en 1902 (séances des 24 janvier et 7 février).

De M. Périard, comme chargé d'installer à Saint-Pétersbourg les collections relatives à la pêche, qui étaient exposées à Ostende (séance du 24 janvier).

De M. Armengaud Jeune, comme Président de la Société de Navigation aérienne (séance du 7 février).

De M. Jules Mesureur, comme Président honoraire de la Société des Anciens Élèves des Écoles nationales des Arts et Métiers (séance du 21 février).

De M. Pantz, comme Membre de la Commission chargée d'étudier l'organisation, à l'étranger, d'une école de perfectionnement pour les jeunes Ingénieurs et Industriels (séance du 21 février).

De MM. Boudenoot, G. Denis, Poirrier, Prevet, Reymond, Aimond, Plichon, Dreux, de Bovet, L. Coiseau, J. Fleury, E. Peigné, comme Membres du Comité consultatif de navigation (séance du 21 février).

De MM. A.-Ch. Bourdon, E. Hospitalier *(1re Section)*; de M. A. Loreau *(2me Section)*; de M. J. Grouvelle *(3me Section)*, comme Membres du Comité chargé de l'organisation du Concours international des moteurs et appareils utilisant l'alcool dénaturé (séance du 21 février).

De M. E. Pantz, comme Président de la Société des Anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers (séance du 7 mars).

De Membres du Jury du Concours international des moteurs et appareils utilisant l'alcool dénaturé (séance du 21 mars).

1re Division, *1re Section :* **Moteurs fixes.** — M. Ch. Bourdon, Président; — MM. Ch. Gallois, Guyot-Sionnest, E. Hospitalier, A. Liébaut, L. Salomon, Membres;

2me Section : **Automobiles et bateaux.** — MM. A. Amiot, R. Bergès, L. de Chasseloup-Laubat, A. Loreau, H. Menier, L. Périssé, Membres;

2me Division : **Appareils d'éclairage et de chauffage.** — MM. Arachequesne, L. Baclé, A. Egrot, J. Grouvelle, A. Prangey, Membres.

De M. J. Guillon, comme Correspondant à Paris de l'Exposition internationale de Lille (séance du 21 mars).

De MM. E.-L. Candlot, P.-A. Darracq, Ch.-L. Regnault, comme Conseillers du Commerce extérieur de la France (séance du 6 juin).

De M. A. Egrot, comme Membre du Conseil Supérieur de l'Agriculture (séance du 4 juillet).

De MM. E. Cacheux et Ch. Lucas, comme Membres du Comité départemental des habitations à bon marché (séance du 3 octobre).

De MM. M. Berthelot, L. Boudenoot et A. Poirrier, comme Membres de la Commission instituée par le Ministère des Finances pour l'étude des questions relatives au régime des alcools, vins et spiritueux (séance du 7 novembre).

De M. Dorado, comme second Secrétaire de la légation de la Bolivie en France (séance du 7 novembre).

De M. Pierre Arbel, comme Membre du Conseil du réseau de l'État (séance du 21 novembre).

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 23 JANVIER 1903

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 9 heures.

Les procès-verbaux de la séance extraordinaire du 26 décembre 1902 et de la séance ordinaire du 9 janvier 1903 sont adoptés.

Notre Collègue, M. L. Laborde, nous a adressé, à propos de la communication de M. Hospitalier, faite le 21 novembre dernier, une lettre dans laquelle il proteste contre la proposition d'adopter le *Poncelet* en remplacement du cheval-vapeur.

M. Laborde rappelle que, si le Congrès de Mécanique appliquée de 1889 a adopté le Poncelet, ce n'est qu'à la suite d'un amendement présenté par M. Haton de la Goupillière, et après qu'il avait déjà adopté le cheval-vapeur de 75 kilogrammètres.

Notre Collègue ajoute que faire adopter le Poncelet serait faire une œuvre anti-démocratique. Les ouvriers, en effet, ne connaissent, d'après lui, que la valeur de 75 kilogrammètres par seconde, valeur que la presse a toujours enseignée et enseigne encore.

Enfin, M. Laborde fait remarquer que le Poncelet n'est pas plus métrique que le cheval.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de :

M. I.-F.-L. Gillot, ancien Élève de l'École Centrale (1868), membre de la Société depuis 1874, Inspecteur du Matériel de la Compagnie d'Orléans ;

M. N.-F. Vuillaume, ancien Élève de l'École des Arts et Métiers de Châlons (1843), membre de la Société depuis 1880, d'abord dessinateur à Grafenstad, à la maison Cavé à Paris, puis chez M. Flachat ; en 1847, chez MM. Gouin et Cie, où il devient chef des ateliers ; en 1868, achète la maison Poulot, dont il accroit l'importance et qui occupe aujourd'hui 200 ouvriers ; ingénieur distingué, travailleur opiniâtre, homme affable, droit, sympathique et supérieur ;

M. P.-E.-F. Bougarel, membre de la Société depuis 1875, Chevalier de la Légion d'honneur, Secrétaire de la Chambre Syndicale des mécaniciens-chaudronniers et fondeurs, arbitre au Tribunal de Commerce.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de sincère condoléance de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes. Ont été nommés :

Officier de la Légion d'honneur : M. E.-A. Hallier ;

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. J. Bonnet, L. Cazeau, E. Lahaye, P. Samary ;

Officier d'Académie : M. Ch. Pelletier ;

Chevaliers du Mérite Agricole : MM. A.-Paul Dubos, X. Laprade, H.-E. Lapipe, A.-H. Savy ;

Commandeur de l'Étoile d'Ethiopie : M. G.-H. de Vesine-Larue ;

Membres de la Chambre de Commerce de Paris : MM. A. Bricard, H. Garnier, P. Mallet, A. Marsaux, S. Pozzy et G. Salmon, et comme secrétaires, MM. A. Dufrêne et Ed. Michaud.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans un des plus prochains bulletins.

Parmis ces ouvrages M. le Président signale plus spécialement le don, qui vient de nous être fait par M. de Chasseloup-Laubat, de son important ouvrage sur les *Marines de guerres modernes*.

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'en 1897 nous avons eu le regret de perdre un de nos Collègues, M. E.-M. Durand, membre de la Société depuis 1881, qui fut Ingénieur-Directeur de la Compagnie Française des Mines de Diamants du Cap, et Ingénieur-Adjoint de la Compagnie Générale des Mines d'Or.

Madame V^e^ E. Durand, en souvenir de son mari, vient de faire don à notre Société de deux obligations de notre emprunt, qui avaient été souscrites par notre Collègue, en 1896.

M. le Président est certain d'être l'interprète de la Société tout entière en adressant à Madame Durand nos plus vifs remerciements pour ce don généreux.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'au procès-verbal seront annexées, à titre de supplément, une circulaire et une demande d'admission, afin de permettre à ceux de nos Collègues, qui le désireraient, de présenter de nouveaux membres.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, depuis le 1^er^ décembre 1901, la Bibliothèque avait été ouverte, à titre d'essai, le soir de 8 heures à 10 heures et demie, les lundi, mercredi et vendredi. Vu les résultats peu encourageants de cet essai, qui s'est prolongé pendant plus d'un an, et qui a été hors de proportion avec les frais occasionnés, le Comité vient d'en décider la suppression.

Par suite, la Bibliothèque cessera d'être ouverte le soir, sauf les soirs de séances.

M. LE PRÉSIDENT dit que notre Collègue, M. Gouvy, qui devait nous faire ce soir une communication, qu'il avait dû remettre lors de la séance du 5 décembre dernier, est assez souffrant, et dans l'impossibilité d'assister à la séance. Notre Collègue, M. Gouilly, a bien voulu consentir à le remplacer et nous présentera ce soir une communication sur *la Définition des phénomènes*.

M. le Président le remercie sincèrement d'avoir bien voulu consentir à ce changement.

M. le Président dit également que M. le Docteur Desgrez, sur la demande qui lui en a été faite par le Bureau de l'année dernière, veut bien nous faire une communication sur *la Régénération de l'air confiné dans les milieux irrespirables.*

Il le remercie de nous avoir apporté le résultat de ses recherches dont l'importance n'échappera à personne.

M. Desgrez présente d'abord un court historique de la question de *la Régénération de l'air confiné.* Les méthodes proposées jusqu'à ce jour, utilisant des réactions trop complexes, n'ont pas reçu la sanction définitive de la pratique et sont restées, pour cette raison, de simples curiosités de laboratoire. La méthode instituée par M. Desgrez, en collaboration avec M. Balthazard, est basée sur la décomposition, par l'eau, du bioxyde de sodium. Les auteurs ont fait l'étude de cette réaction aux deux points de vue chimique et physiologique. Sous l'influence combinée de l'eau et de l'acide carbonique dégagé par la respiration, le bioxyde de sodium est décomposé avec dégagement d'oxygène et formation corrélative de soude caustique. L'oxygène remplace celui qui a été utilisé par la respiration ; la soude contribue à la fixation de l'acide carbonique éliminé simultanément par la voie pulmonaire. D'autre part, le milieu ainsi constitué présente un pouvoir oxydant considérable, avantageusement utilisé pour la destruction des gaz délétères (CO, H^2S, etc.) ainsi que des toxines qui les accompagnent dans les produits d'expiration.

M. Desgrez décrit les expériences physiologiques effectuées sur le cobaye et le chien, qui ont permis de démontrer, grâce à la méthode précédente, la possibilité d'entretenir la vie en vase clos. Il expose ensuite, avec détails, les résultats de l'application à l'homme du même procédé. Pour le cas de l'homme considéré isolément, MM. Desgrez et Balthazard ont fait construire un appareil qui permet à un homme de pénétrer dans une atmosphère irrespirable et d'y séjourner au moins trois quarts d'heure. Cet appareil comprend trois parties essentielles :

1° Un distributeur chargé d'assurer la chute régulière du bioxyde de sodium dans l'eau. C'est une boîte prismatique, en acier, divisée en compartiments par dix tablettes horizontales superposées. Grâce à une crémaillère qui se déplace verticalement, un mouvement d'horlogerie déclanche, à intervalles de temps égaux, chacune de ces tablettes chargées de bioxyde de sodium ;

2° Une boîte cubique, également en acier, contenant de l'eau est placée sous l'appareil précédent. Au fur et à mesure que les tablettes prennent la position verticale, elles déversent le bioxyde dans l'eau de cette boîte. L'oxygène et la soude produits concourent alors, simultanément, chacun pour sa part, à la régénération de l'atmosphère initiale ;

3° Un petit ventilateur, mis en mouvement par un moteur électrique primitivement actionné par des accumulateurs. Dans les derniers appareils, ce ventilateur est mis en marche par le mouvement d'horlogerie qui assure également la distribution du bioxyde de sodium. Ce ventilateur détermine la circulation continuelle de l'air dans l'appareil et l'espace clos où se trouve le sujet.

L'air se trouvant légèrement échauffé dans sa régénération même, on

le fait passer, à sa sortie du milieu réagissant, dans un réfrigérant qui le ramène à sa température initiale. Ce réfrigérant a d'abord été formé d'une simple glacière garnie d'un mélangé de glace et de sel marin; les auteurs préfèrent, actuellement, utiliser un récipient à chlorure de méthyle qui assure une réfrigération plus parfaite et produit, en même temps, la condensation de l'excès de vapeur d'eau contenu dans l'air régénéré.

Toutes les pièces précédentes sont réunies entre elles et enfermées dans une boite en aluminium, de forme circulaire, se fermant hermétiquement par un couvercle également en aluminium, appliqué sur la boite par des vis à bascule avec une rondelle de caoutchouc interposée.

L'appareil devant être mis en marche sans aucun retard, dans la plupart des circonstances où il trouvera son application, doit donc toujours être préparé d'avance; à cet effet, le récipient est rempli d'eau, les tablettes sont chargées de bioxyde. Pour éviter l'altération de ce dernier, une plaque mobile, à charnière, vient obturer l'orifice qui sépare la boite à bioxyde du régénérateur dans lequel on a mis l'eau. Il faut, en outre, mettre l'appareil en marche de l'extérieur; cette manœuvre comporte le déclanchement du mouvement d'horlogerie d'une part, le rabattement de la tablette de séparation de l'autre. Elle est réalisée par un dispositif approprié. Pour le réfrigérant, on le met en marche au moment du besoin, en ouvrant un robinet placé à l'extérieur de la boite. Cette boite est munie de bretelles qui permettent de la placer, à la façon d'un sac de soldat, sur le dos du sujet ayant déjà revêtu la veste de scaphandre. Deux tubes, munis de raccords, permettent de relier le régénérateur à la veste.

Le poids de l'appareil, prêt à fonctionner, est de 12 *kg*. Deux minutes suffisent, en général, à un homme exercé, pour se mettre en état de l'utiliser immédiatement.

Pour démontrer que l'appareil ainsi construit permettra bien de pénétrer dans les milieux irrespirables, les auteurs ont placé un homme muni de l'appareil dans une pièce close, dont l'atmosphère a été rendue irrespirable par la combustion d'une suffisante quantité de sulfure de carbone. L'acide sulfureux produit rendait, en effet, tout séjour impossible dans cette pièce, même pendant le temps le plus court. Le sujet a pu y séjourner pendant trois quarts d'heure, sans ressentir la moindre atteinte du gaz toxique qui l'environnait.

Il est évident que le même dispositif, de dimensions appropriées, permettra de régénérer l'air des grands espaces clos : sous-marins, cabines de navire, galeries souterraines, égouts, tunnels, etc.

Les auteurs pensent donc avoir résolu, non seulement au point de vue théorique, mais encore pour les besoins mêmes de la pratique, le problème, depuis si longtemps posé, de la régénération de l'air confiné.

M. le docteur Desgrez, en terminant, fait hommage à la Société de son Mémoire complet, publié en collaboration avec M. V. Balthazard (juillet 1902), dans les *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, et intitulé : *Nouvelle méthode de régénération de l'air confiné, à l'aide du bioxyde de sodium, applicable à l'homme et aux animaux.*

M. LE PRÉSIDENT remercie M. le docteur Desgrez de son Mémoire, qui sera déposé à la Bibliothèque de la Société, puis il donne la parole à ceux de nos Collègues qui désirent demander des explications supplémentaires.

M. G. ANTHONI, à propos du caoutchouc qui entre dans la composition de l'appareil et du veston de scaphandrier, auquel il est fixé, exprime la crainte, pour le cas d'un incendie, que le caoutchouc ne soit détruit facilement en un point par des étincelles ou un jet de flamme et ne donne ainsi lieu à des fuites; il suggère, de préférence, l'emploi d'un tissu d'amiante.

M. le docteur DESGREZ croit qu'il est impossible que l'amiante s'adapte aussi bien que le caoutchouc.

M. G. ANTHONI pense qu'on pourrait diminuer la quantité de caoutchouc, et empêcher que la flamme ne l'atteigne, en protégeant l'appareil.

M. le docteur DESGREZ dit qu'un sujet pénétrant dans un bâtiment qui brûle doit éviter la flamme, autant que possible, mais on peut employer le borate d'ammoniaque, qui rend ininflammables les substances organiques.

M. G. ANTHONI croit que le caoutchouc s'enflammant très facilement, brûlerait immédiatement.

M. le docteur DESGREZ fait remarquer que la combustion du caoutchouc se fait avec difficulté et beaucoup de lenteur.

M. G. ANTHONI est d'avis de garder le caoutchouc pour les joints et d'avoir partout ailleurs l'amiante; sa remarque s'applique au cas seul d'un incendie; un appareil de ce genre lui paraissant dangereux à donner à un pompier.

M. le docteur DESGREZ a voulu présenter essentiellement le régénérateur; le vêtement protecteur est l'affaire du constructeur et a d'ailleurs subi déjà diverses modifications.

M. A. MAURY pense que cet appareil pourrait s'appliquer aux scaphandres; ce serait intéressant, car, sous l'eau, le tube d'air des systèmes actuels de ventilation peut se rompre ou se nouer et causer des accidents.

M. le docteur DESGREZ et son collaborateur y ont pensé; il renvoie, pour plus ample informé, à son *Mémoire* cité plus haut.

M. H. COURIOT demande si, en cas d'inclinaison un peu notable de l'appareil, il n'y a pas à redouter une surproduction de l'oxygène et un dérèglement de l'appareil.

M. le docteur DESGREZ dit que si l'appareil était incliné jusqu'à 50 ou 60 degrés, rien ne serait modifié dans le distributeur dont les plaquettes sont fixes et ne peuvent se déranger.

M. H. COURIOT fait observer que si l'appareil est employé par un homme faisant un travail quelconque, il est indispensable qu'il puisse prendre une position voisine de l'horizontale.

M. le docteur DESGREZ répond que, dans le cas seulement de la position horizontale, l'eau pourrait pénétrer dans le distributeur; elle n'at-

teindrait pas les plaquettes qui ne sont pas encore tombées; mais il pourrait en résulter un désordre au point de vue de la production d'oxygène; il en serait de même si l'individu se renversait complètement.

M. H. Couriot expose que dans le cas des incendies souterrains, le sauveteur se trouve obligé de se baisser pour ramasser une victime; l'appareil devenant alors horizontal, la pénétration de l'eau dans le réservoir distributeur en sera la conséquence, produisant le dérangement signalé.

M. le docteur Desgrez fait observer que, si le sujet se courbe sans renverser l'appareil, rien n'est modifié dans son fonctionnement; si une inclinaison trop accentuée retardait l'arrivée du bioxyde dans le régénérateur, il fait remarquer qu'il y a toujours une certaine quantité d'oxygène d'avance; on fait tomber, en effet, plus de bioxyde qu'il n'en faut, de sorte que le sujet a toujours à sa disposition une réserve d'oxygène.

M. H. Couriot demande combien de temps il faut pour mettre l'appareil en fonctionnement, cette question étant capitale pour le sauvetage des victimes d'accident par asphyxie.

M. le docteur Desgrez répond qu'il faut trois minutes pour revêtir le sac et prendre l'appareil; puis, on met en marche le mécanisme, ce qui exige les quelques secondes nécessaires pour tourner la vis correspondante. Quand le sujet a mis le casque, il a à sa disposition 6 *l* d'air. La plaquette qui sépare le régénérateur du distributeur est elle-même chargée de bioxyde; en tournant la vis, on fait tomber ainsi 10 *g* de bioxyde dans l'eau, et on a, dès lors, la production d'oxygène correspondante. Il vaut mieux perdre ces trois minutes que de se borner à secourir les victimes sans appareil de sûreté, car il n'existe pas de solution aussi complète du problème résolu par cet appareil.

M. H. Couriot est de l'avis de M. Anthoni, en ce qui concerne l'emploi du caoutchouc dans les milieux irrespirables à haute température. Il relate le fait qui s'est produit, il y a peu d'années, dans une houillère du centre où des tuyaux d'air comprimé, à joints faits de rondelles de caoutchouc, se trouvaient placés au voisinage des feux; les rondelles ont fondu, et les tuyaux qui commandaient les aéromoteurs ont soufflé l'air sur le foyer; pour ces motifs, il pense que le cuir est préférable.

Il reproche ensuite à cet appareil son poids. Il rappelle que notre Collègue M. Fayol, directeur général de la Compagnie Commentry-Fourchambault, a établi un appareil respiratoire pour lutter contre les feux. C'est une simple embouchure à deux valves beaucoup plus légère que ne l'est le casque, et un pince-nez. Il croit que les appareils appliqués jusqu'ici, de M. Fayol et de quelques autres inventeurs, tant en France qu'en Belgique et en Allemagne, sont plus portatifs et répondent mieux, pour cette raison, aux besoins spéciaux des mines.

M. le docteur Desgrez observe qu'il a répondu d'avance à l'objection qui lui est faite, car le problème à résoudre doit être envisagé d'une façon absolue. Pour les mines, on peut se contenter dans certains cas simples, d'une pince serrant le nez; mais personne ne consentirait à

envoyer des hommes, avec un système protecteur composé d'une pince et d'un masque, dans un milieu dont on ne connaît pas la composition, qui peut contenir des gaz foudroyants (oxyde de carbone, hydrogène sulfuré, etc.). Si on s'accommode d'à peu près pour soi-même, on ne prendrait pas sur soi d'envoyer un homme dans un milieu toxique, sans le munir d'un appareil comme celui-ci.

M. H. Limousin, en ce qui concerne le caoutchouc, fait observer que, lorsqu'il est vulcanisé, pour que la température en permît la fusion, il serait nécessaire qu'elle fût telle, qu'en traversant les tissus d'amiante, elle attaquerait forcément le corps humain au-dessous. Il se déclare partisan de l'emploi quand même du caoutchouc, en raison de sa conductibilité calorifique qui est sensiblement nulle. Il demande, si dans le cas du scaphandre, on s'est préoccupé de la question de pression, au point de vue de la production de l'oxygène.

M. le docteur Desgrez répond qu'on se trouve ici dans un milieu dont la pression est constante; la résistance doit être faite par la matière enveloppante et doit être suffisante. Dans l'intérieur de l'appareil le sujet serait soumis à une pression constante.

M. le Président remercie beaucoup M. le docteur Desgrez de sa conférence, qui a été excessivement intéressante et instructive, avec les observations faites par plusieurs de nos Collègues.

M. A. Gouilly a la parole pour sa communication sur la *Définition des phénomènes* qui fait suite à sa communication sur la *Mécanique des systèmes matériels*, faite en 1896.

M. Gouilly dit que le langage doit avoir la même précision que les idées; cela permet de tirer de celles-ci le meilleur parti possible et de les développer dans le sens de la réalité des faits. C'est une nécessité pressante dans l'enseignement surtout. Préoccupé de cette nécessité, M. Gouilly a fait, en 1896, une communication sous le titre « Mécanique des systèmes matériels ». Le but de ce travail est de montrer que la mécanique des systèmes n'a besoin d'aucun autre principe que ceux qui sont admis pour le point matériel; que son enseignement gagnerait en précision et en simplicité si on abandonnait les explications détournées, les termes vagues, les hypothèses encore en usage pour l'étude des systèmes matériels. Ainsi dans cette étude, il n'y a pas lieu de considérer de systèmes de forces équivalentes; on ne peut transporter une force, la séparer de son point d'application qui est nécessairement un point matériel et entre dans la définition de la force; il n'y a pas de destruction de forces; il n'y a pas de systèmes indéformables, et il n'est pas nécessaire d'en considérer de tels autrement que pour établir des repères.

Un exemple très simple montre que les effets des forces dépendent à la fois de la position des points d'application et des intensités : une poutre ne subit pas les mêmes moments de flexion si elle est soumise à un poids uniformément réparti ou à ce même poids placé en son milieu.

Le mémoire de 1896 est un abrégé de mécanique générale où ces idées

ont reçu un commencement d'application. Depuis, M. Gouilly a eu occasion d'en faire une application plus développée, à laquelle se rattache la *Définition des phénomènes*, objet de la présente communication.

M. Gouilly donne ensuite la division générale de son mémoire, puis il présente quelques observations sur les points les plus importants.

1° Observations sur la substitution, dans l'étude des systèmes matériels, de la molécule au point matériel. — Celui-ci n'a ni étendue, ni propriétés physiques ; mais on lui attribue seulement une masse et des propriétés attractives ou répulsives arbitraires ; cela en fait un concept favorable à l'étude générale de la masse et de la force. Dès que l'on aborde l'étude des corps, il faut envisager la molécule qui est leur élément constitutif et dont dépendent leurs propriétés physiques.

La molécule-gramme a une masse déterminée, elle occupe dans l'espace un volume déterminé à une température et sous une pression données, elle a un travail de diffusion. Ses propriétés sont bien définies. La mécanique de la molécule elle-même n'est pas faite, c'est vrai, mais celle des corps non plus, et il est utile de la placer dans son cadre ;

2° Observations sur la nécessité de définir les forces et les corps. — Puisqu'on ne peut faire de mesures sur la molécule elle-même, il faut imaginer des forces de définition qui permettent de faire des mesures dans l'ensemble des phénomènes ; et toute force de mesure est nécessairement une force de définition : tel le poids d'un corps appliqué en son centre de gravité ; c'est une image et non une réalité. La condition imposée est que le vecteur d'une force de définition soit isométrique des vecteurs qui représenteraient les forces moléculaires, si elles étaient connues.

Ainsi, après avoir défini la pression sur un élément plan considéré à l'intérieur d'un corps, on peut dire, dans le cas où les molécules peuvent se déplacer avec une mobilité parfaite, que les vecteurs des forces moléculaires ont une résultante perpendiculaire à l'élément considéré. C'est donc là une propriété des forces moléculaires des fluides quand on les considère indépendamment de la viscosité ;

3° Observations sur le degré de précision des formules. — La première hypothèse que l'on fait pour trouver les formules et les appliquer est celle de la continuité de la matière, ce qui permet d'appliquer les méthodes du calcul infinitésimal. Mais ce qui influe le plus souvent sur la précision des formules, ce sont les circonstances qui accompagnent les phénomènes. Ainsi la formule de Bernoulli, pour le mouvement des liquides, n'est pas rigoureuse dans toute l'étendue d'un champ et elle cesse d'être suffisamment exacte s'il y a des changements brusques de direction et de section dans les filets liquides ;

4° Observations sur l'irréversibilité des phénomènes. — Toutes les difficultés que présente la définition des phénomènes viennent des causes de l'irréversibilité. L'irréversibilité est une loi de la nature équivalente à celle de l'impossibilité du mouvement perpétuel. Il n'y a pas de transformation rigoureusement réversible dans quelque condition que ce soit. Cela est dû à des causes nombreuses ; les principales sont : le frottement, qui dégage toujours de la chaleur, quel que soit le sens du dépla-

cement relatif; les accélérations des vitesses, qui modifient les pressions contre les corps ; l'imperfectibilité de la conductibilité, qui est telle que la température d'un corps. qui reçoit de la chaleur dans une transformation, n'est pas égale à sa température dans la transformation inverse, où il doit céder de la chaleur; enfin une transformation est produite par le jeu d'une certaine énergie : s'il était possible de la retrouver par une transformation inverse, le mouvement perpétuel serait possible.

Les conditions de la réversibilité seraient donc celles de l'équilibre de température et de l'équilibre mécanique ; mais alors il n'y aurait pas de transformations possibles. C'est dans le voisinage de cet équilibre que l'on pourra considérer un phénomène comme réversible ; ainsi les piles pourront souvent être considérées comme réversibles avec une faible intensité, ce qui permet de négliger la chaleur Joule qui est proportionnelle au carré de l'intensité.

Comme application de ces dernières considérations, M. Gouilly cherche la condition de possibilité d'une transformation thermique.

Enfin, il lit les conclusions de son mémoire qui sont le résumé de sa communication.

Personne ne demandant la parole, M. le Président remercie beaucoup notre éminent Collègue, M. Gouilly, de sa savante communication, qui certainement sera très utile.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de :

MM. G. Allamel, C. Birault, G.-Ch. Boissaye, F.-R. Colomer, E.-A. Ducher, Ch.-E. Follin, J.-F. Garcin, F.-M. Glaizot, E. Regnard, P.-A. Guiard. H.-A. Herdner, H. Marx, A.-H. Speiser, A. Tournon, M.-J.-A. Witz, comme membres sociétaires ; et de :

MM. H.-L. Bresson, F. Guénot, P.-R. Provost, comme membres associés.

MM. P.-P.-J. Baudouin, L. Buchler, M.-L.-J. Forret, M.-E.-J. Petit, L. Ribourt sont reçus membres sociétaires, et :

MM. H. Hutter et J. Thiollier, membres associés.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
J.-M. Bel.

ÉTAT ACTUEL

DES

INDUSTRIES DU FER ET DE L'ACIER (1)

DANS LES PROVINCES

DU RHIN ET DE LA WESTPHALIE

PAR

M. Alexandre GOUVY

L'exposition de Dusseldorf nous ayant fourni l'occasion de nous rendre compte à un point de vue général des progrès accomplis dans l'industrie du fer et de l'acier dans les provinces du Rhin et de la Westphalie et districts avoisinants (2), il pouvait paraître intéressant d'étudier de plus près les installations nouvelles permettant de fabriquer les produits exposés et d'analyser, par la même occasion, les conditions techniques et économiques de ces fabrications.

Eu égard au grand nombre d'usines de toute sorte qui couvrent la région, cette étude est assez compliquée et présente certaines difficultés; aussi notre exposé devant se maintenir dans le cadre d'une communication à la Société des Ingénieurs civils de France, ne peut-il avoir la prétention d'être complet; nous pensons, cependant, qu'il permettra à nos collègues et aux Ingénieurs, de se faire une idée approximative de l'importance prise, en ces derniers temps, par la sidérurgie allemande de l'Ouest, et des progrès réalisés dans cette industrie, d'établir d'utiles comparaisons avec ce qui se fait dans d'autres pays, et notamment en France, et de juger, au moins partiellement et en tant que nous sommes autorisés à les livrer à la publicité, des modes de fabrication adoptés et conformes aux conditions locales spéciales.

(1) Voir planches nos 46, 47, 48 et 49 et tableau à la fin de ce Bulletin.
(2) Voir Bulletin de juillet 1902, pages 22 et suivantes.

L'industrie métallurgique rhéno-westphalienne n'a pris son importance actuelle que grâce au développement rapide des moyens de transport qui jouent aujourd'hui, dans la sidérurgie, un rôle absolument prépondérant; elle est basée, d'une part sur le charbon du bassin de la Ruhr, d'autre part tant sur les minerais étrangers les plus divers, amenés par voie d'eau et par chemin de fer, que sur les minerais du pays de Siegen.

Nous donnons *(Pl. 46, fig. 1)*, une carte générale du bassin de la Ruhr, permettant de se rendre compte des dispositions relatives des principaux centres industriels, des voies navigables et du développement pris par le réseau de voies ferrées se trouvant aux mains du gouvernement. Les figures 3, 4 et 5 indiquent en détail la disposition des voies ferrées et des ports des villes de Duisburg et Ruhrort, Essen et Dortmund.

Développement de l'industrie rhéno-westphalienne.

L'industrie du fer existait en Westphalie dès le XIV^e^ siècle et a suivi les progrès analogues à ceux des autres pays industriels. C'est en 1740 que fut installée, à Essen, la première usine de quelque importance devenue, aujourd'hui, l'établissement Krupp. Les petits hauts fourneaux au charbon de bois alimentés avec la limonite du pays ne produisaient alors que 1 500 *kg* par jour, et les premiers essais de fabrication d'acier fondu et d'emploi de combustible minéral en vue d'économiser le bois et d'enrayer la destruction rapide des forêts datent de la fin du XVIII^e^ siècle.

La première fonte au coke avait été fabriquée à Gleiwitz (Haute-Silésie), en 1796; mais ces essais ne furent repris en Westphalie qu'en 1849, époque à laquelle on a installé un haut fourneau à Friedrich-Wilhelmshutte à Mülheim-sur-Ruhr; les résultats obtenus ont amené rapidement la construction d'autres fourneaux au coke à Bergeborbeck (1851), à Hœrde (1852), à Ruhrort-Phœnix (1854) et à Henrichshutte-Hattingen-sur-Ruhr.

En même temps, la fabrication du fer au four à puddler, inventée par Henry Cort en 1784, améliorée par Rogers en 1818, se développait parallèlement et on installait des laminoirs mus à la vapeur.

Vers 1840, la construction des chemins de fer permit à l'industrie de prendre une importance de plus en plus grande, mais on importait encore d'énormes quantités de fontes anglaises; cette

importation a été, par exemple en 1843, de 212000 *t*, soit 122 0/0 de la production du district de Dortmund (1).

En 1837, le district de Dortmund ne comptait que six hauts fourneaux, trente fours à puddler et à réchauffer, et la fonderie d'acier Krupp.

En 1839 on construisait à Hœrde le premier haut fourneau, en 1843 F. Huth installe à Hagen une fonderie d'acier au creuset et c'est en 1845 que se crée le Bochumer-Verein.

La production de fonte, qui était en 1851 de 12300 *t* pour quinze hauts fourneaux, atteint, en 1861, environ 150000 *t* dont 97 0/0 au coke, avec quarante-quatre hauts fourneaux. Les variations successives jusqu'en 1900 sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Production de fonte du district de Dortmund de 1851 à 1900.

ANNÉE	NOMBRE de hauts fourneaux	NOMBRE d'ouvriers	PRODUCTION de fonte du district	0/0 de la production de la Prusse	VALEUR de la tonne
			tonnes		marks
1851	15	1506	12314	9,3	78 »
1861	44	4439	150913	35,9	80 »
1871	61	4404	121130	35,0	81 »
1881	52	5636	882546	40,6	61,39
1891	49	6907	1492733	45,4	54,42
1900	69	11025	2861797	50,0	66,45

La plus grande modification dans l'exploitation des usines à fer fut amenée par l'invention de Bessemer (1855). Le premier convertisseur a été installé à Essen, chez Krupp, puis, en 1863, à Hœrde; en 1875, la Westphalie fabriquait 470108 *t* de fonte, dont 54 0/0 étaient employés à la fabrication des aciers Bessemer; toutefois, les minerais phosphoreux de la région ne pouvaient être utilisés en grandes quantités pour la cornue acide et, en 1878, la proportion de minerais étrangers (Elbe, Espagne, Algérie), était de 60 0/0. Aussi la situation se trouva-t-elle transformée subi-

(1) Nous considérerons, principalement dans la partie statistique de notre travail, le district de Dortmund, ce district ayant été étudié principalement par M. Tübben, dont le mémoire très complet nous a servi de base, et auquel nous devons renvoyer pour plus de détails. — Voir la publication du Congrès minier de Dortmund de septembre 1901.

tement par l'invention Thomas-Gilchrist, permettant l'emploi des minerais phosphoreux.

La première installation du convertisseur basique est due à la Société de Hœrde et aux aciéries de Meiderich en 1879; puis vinrent, en 1882, la Société Union de Dortmund et la Gutehoffnungshutte; ensuite le procédé se généralisa rapidement en même temps que la proportion de fer puddlé diminuait sensiblement. L'évolution produite par l'invention Thomas-Gilchrist ressort très nettement du tableau ci-dessous indiquant les proportions pour cent des diverses fontes produites dans le district de Dortmund, savoir :

SORTES DE FONTE PRODUITES	1880	1890	1900
Fontes de moulage	8,2	15,4	17,3
Fontes Thomas, Bessemer et Martin	48,3	58,7	80,6
Fontes de puddlage	43,0	25,4	1,9
Moulages en première fusion	0,5	0,5	0,2
	100,0	100,0	100,0

Il faut noter ici spécialement la réduction de la fonte de puddlage ainsi que l'abandon de plus en plus prononcé du moulage en première fusion, ce qui est dû, non pas tant à la difficulté de fabriquer des moulages directement avec fonte au coke, puisque d'importantes usines emploient encore presque exclusivement cette méthode (Pont-à-Mousson, Brousseval, en France, Buderus à Wetzlar, et autres en Allemagne), mais plutôt à ce que les moulages avec fourneaux à grande production compliquent les manipulations à la coulée et que les fontes de moulage non utilisées dans les moules ne sont pas applicables au procédé Thomas, tandis qu'avec le puddlage elles trouvaient toujours leur emploi.

La Westphalie a été l'une des régions industrielles les plus favorisées par la possibilité de l'emploi économique des minerais phosphoreux dans la cornue basique; aussi la production en fer fondu du district de Dortmund s'est-elle développée presque parallèlement à celle des autres pays industriels, ainsi qu'il ressort du tableau comparatif ci-dessous (1).

(1) Voir le traité sommaire de métallurgie du fer publié par la Société des Ingénieurs métallurgistes allemands. — Dusseldorf, 1901.

Production d'aciers Bessemer, Thomas et Martin.

PAYS PRODUCTEURS	PRODUCTION EN UNITÉS DE 1 000 TONNES				
	1880	1885	1890	1895	1899
États-Unis d'Amérique. .	1 267,7	1 739,9	4 346,9	6 212,7	10 809,1
Angleterre	1 320,6	2 020,5	3 637,4	3 312,1	4 933,0
Allemagne et Luxembourg	624,4	893,7	1 613,8	2 830,5	4 791,0
France.	388,9	553,8	582,0	899,7	1 529,2
Russie	295,6	192,9	378,4	574,1	1 494,0
Autriche-Hongrie	134,2	278,8	499,6	732,2	1 100,0
Belgique	132,1	155,0	221,3	454,6	731,2
TOTAL du monde entier. .	4 163,5	5 834,6	11 279,4	15 015,9	25 387,5
District de Dortmund . .	549,0	565,6	1 056,8	1 354,4	2 385,9
Soit 0/0 de la production totale.	13 0/0	9,5 0/0	9,6 0/0	8,7 0/0	9,6 0/0

La participation de 13 0/0 du district de Dortmund à la production totale de fer fondu du globe est due à ce que la Westphalie s'est engagée résolûment dans la voie nouvelle créée par le procédé basique dès 1879, cette participation s'est maintenue ensuite au taux de 9,5 0/0 environ, tandis que celle de la France, qui était, en 1880, de 9,7 0/0 se trouve réduite, en 1899, à 6,0 0/0 et que celle de l'Allemagne entière, y compris le Luxembourg, passe de 15,6 0/0 à 19,2 0/0.

NOMENCLATURE DES PRINCIPALES USINES RHÉNO-WESTPHALIENNES.

Nous avons essayé d'établir, avec les données de diverses provenances dont nous disposons et d'après nos constatations personnelles, une nomenclature aussi complète que possible des usines principales du Rhin et de la Westphalie, en y comprenant celles de la région de Hanovre ; nous avons indiqué toutes les usines possédant, d'une part, des hauts fourneaux soit seuls, soit combinés avec une aciérie, et d'autre part celles qui, ne disposant pas de hauts fourneaux, achètent leurs fontes pour fabriquer des aciers au convertisseur ou au four Martin.

Au sujet de ce tableau (1), nous nous contenterons de faire les observations suivantes :

(1) Voir le tableau à la fin du présent Bulletin.

Nos 16 et 18. — Le nouveau haut fourneau de Bruckhausen, de 500 *t* par vingt-quatre heures, et celui de la Société de Schalke pour 250 *t* dont il sera question plus loin, ne sont pas compris dans cette liste ; il en est de même des petits fourneaux du pays de Siegen.

Nos 12 à 15, — On remarquera que les hauts fourneaux des usines Krupp sont répartis sur divers points de la région, mais que l'usine d'Essen (n° 35) en est dépourvue ; les fourneaux de Rheinhausen, construits récemment, étaient destinés à servir de base à une grande usine dont l'exécution a été cependant remise à plus tard, deux fours Martin seulement ayant été installés jusqu'à présent.

Nos 60 à 76. — Toutes les usines de cette série se sont fait une spécialité des moulages en acier ; quelques-unes, telles que Haniel et Lueg (n° 66) fabriquent aussi la pièce de forge ; d'autres disposent de petits laminoirs comme fabrication secondaire.

Nos 39, 75 et 76. — On ne trouve de petits convertisseurs que dans une seule usine, celle de Hagen ; ces convertisseurs sont acides et pour charges de 650 *kg* ; on trouve plus avantageux d'employer le four Martin et l'on a été, dans certains cas, jusqu'à se servir de fours de 2,5 *t* et de 2 *t* pour productions spéciales et réduites.

Quant aux hauts fourneaux, on voit que la puissance de production maxima de l'ensemble est de 15 465 *t* par vingt-quatre heures, soit de 5 665 000 *t* par an ; comme toutefois 20 0/0 environ des fourneaux sont hors feu ou en réfection, il en résulte que le nombre moyen en feu est de 88, répondant à une production quotidienne de 12 300 *t*, soit 4 500 000 *t* par an.

Le développement pris par l'industrie ayant pour base première la présence des riches gisements de houille de la Ruhr, nous passerons rapidement en revue les conditions d'extraction de ce combustible et étudierons ensuite les minerais utilisés par les hauts fourneaux rhéno-westphaliens.

I. — **Houilles et lignites.**

Le bassin de la Ruhr peut être considéré, au point de vue du combustible, comme le plus important de toute l'Allemagne ; la partie connue de ce bassin comprenait : 1 900 km^2 en 1890 ; elle

est aujourd'hui de 2 900 km^2 et contient les quantités de charbon suivantes :

Jusqu'à 700 *m*	11	milliards de tonnes.
De 700 à 1 000 *m*	18,3	—
De 1 000 à 1 500 *m*	25	—
Soit à 1 500 *m* un total de . . .	54,3	milliards de tonnes.

En dessous de ce niveau on admet encore 75 milliards de tonnes dont il n'y a pas à tenir compte aujourd'hui au point de vue pratique. Nous donnons *(Pl. 46, fig. 2)* une coupe nord-sud du bassin houiller de la Ruhr, indiquant les couches principales de ce terrain entre Recklinghausen, au nord, et Sprœkhövel, au sud. Le plan général *(fig. 1)* indique les limites nord et sud des terrains contenant les couches de charbon ainsi que les profondeurs des forages limites au nord.

On distingue généralement *trois* sortes principales de charbons, savoir :

1° La houille à gaz et les houilles flambantes à gaz, de grande dureté, faciles à transporter et utilisées pour fours à puddler et à réchauffer ainsi que pour le chauffage domestique; leur proportion moyenne dans l'ensemble des couches exploitées est d'environ. 30 0/0

2° La houille grasse utilisée surtout pour la fabrication du coke et employée pour les chaudières de navires et les locomotives, en proportion d'environ . . 57 0/0

3° La houille maigre réservée aux industries textiles exigeant peu de fumées, au chauffage domestique et à la fabrication des briquettes, en proportion d'environ. 13 0/0

Chiffres d'extraction.

En 1900, le chiffre total d'extraction de houille du bassin de la Ruhr a été de 59 600 000 *t*, d'une valeur totale de M. 508 800 000. Le nombre de puits correspondant à ce chiffre était de 167 avec 226 700 ouvriers. Sans entrer dans la répartition des chiffres d'extraction suivant les divers districts, nous nous contenterons de rappeler que les régions houillères de la Prusse ont fourni chacune, en 1900, les quantités suivantes (1) :

(1) Nous devons renvoyer ici à une étude de l'Ingénieur des Mines Koehne, de Dortmund, parue dans la publication du Congrès minier tenu à Dortmund en septembre 1901.

Désignation des régions.	Tonnages extraits.	Nombre d'ouvriers.	Nombre des centres d'extraction.
Haute-Silésie (Breslau) . . .	29 580 693	93 261	73
Région de Halle.	12 255	41	1
— de Clausthal	758 280	3 546	7
	30 351 228	96 848	81
Région de Bonn (lignites) :	12 005 886	51 617	25
District de Dortmund (Ruhr).	59 618 900	226 706	167
Soit pour toute la Prusse. .	101 976 014	375 171	273

Débouchés.

Les expéditions et consommations de combustibles du bassin de la Ruhr ont atteint, en 1900, 53 millions de tonnes réparties ainsi :

Houille expédiée à l'état brut	43 008 714 *t*
Coke pour hauts fourneaux et autres usages. .	8 557 559
Briquettes de houille.	1 536 134
Soit un total de	53 102 407 *t*

Ces expéditions se répartissent comme suit entre les divers pays consommateurs :

	HOUILLE	COKE	BRIQUETTES
	t	*t*	*t*
Hollande	2 565 404	95 688	19 833
Suisse	102 737	100 959	59 814
Autriche et Italie	29 651	292 173	3 616
Belgique et Luxembourg	1 083 982	1 185 542	2 320
France	111 823	381 287	10
Russie	2 735	36 395	»
Angleterre et Suède	5 825	19 479	»
Espagne, Roumanie et Grèce	2 057	10 040	»
États non européens	31 794	16 207	450
Exportation totale. . . .	3 036 008	2 137 770	86 043
Alsace-Lorraine	106 296	1 901 650	15 767
Provinces du Rhin et Westphalie,	29 646 435	3 102 431	777 950
Saxe, Bavière, etc.	9 319 975	1 415 708	656 374
Total égal	43 008 714	8 557 559	1 536 134

On voit par ce tableau qu'entre autres les expéditions de *coke*, dans le district de Lorraine seul, comportent 22,2 0/0 des expéditions totales et dépassent la quote de la Belgique et du Luxembourg qui n'est que de 14 0/0, tandis que l'exportation, en France, a atteint 4,5 0/0 du chiffre total.

Le transport de ces quantités énormes de combustible, joint à une importation de minerais de diverses provenances, a nécessité évidemment un développement correspondant des *moyens de transport*; aussi le bassin de la Ruhr est-il le réseau de l'Allemagne qui comporte le plus de voies ferrées par unité de surface; c'est ainsi qu'en 1897 ce district disposait de 66,95 *km* de voie pour 100 km^2, tandis que le royaume de Saxe en possédait 16,09 *km* par 100 km^2 et le district d'Oppeln 10,59; la moyenne pour l'Allemagne entière étant de 8,67 *km* par 100 km^2 seulement.

Quant aux *transports par eau*, ils ne se sont pas encore développés comme cela eût été désirable, certains projets de canaux de la plus haute importance n'étant pas encore réalisés; nous citerons notamment la canalisation de la Moselle au Rhin, tandis que d'autres modifications permettant à la plupart des charbonnages de mieux utiliser le canal de Dortmund-Ems sont à l'étude sans que l'on puisse en prévoir l'achèvement. On ne dispose donc actuellement, pour le transport par eau, que du Rhin et du canal Dortmund-Ems avec embranchement Henrichenburg-Herne *(Pl. 46, fig. 1 à 5)*.

Les répartitions des expéditions des charbons de la Ruhr entre les diverses voies de transport ont été, par exemple :

	1870	1880	1890
Par chemin de fer	75,9	80,37	75,61
Par eau	2,4	0,13	0,16
Par terre.	10,7	4,45	3,68
Consommation directe aux fours à coke	4,9	9,12	14,59
Consommation de chaudières et ateliers annexes.	6,1	5,93	4,96
	100,0	100,00	99,00

Quant à l'importance que présente le *Rhin* pour les expéditions des houilles de la Ruhr, elle ressort du tableau ci-dessous

Répartition des transports de charbons par le Rhin en 1898 et 1899.

DIRECTIONS DES TRANSPORTS ET DESTINATIONS	PORT DE RUHRORT		PORT DE DUISBURG		PORT DE HOCHFELD	
	1898	1899	1898	1899	1898	1899
Vers Cologne et en deçà de Coblence	63 886	76 239	39 109	29 955	46 085	27 225
Coblence	13 978	10 909	4 231	4 155	710	»
De Coblence à Mayence en deçà de Mayence	91 446	69 294	57 871	62 589	9 110	9 010
Ports du Mein	184 550	172 441	409 430	398 234	145 708	156 710
Mayence et en deçà de Mannheim	717 878	688 556	195 706	187 665	2 235	5 460
Mannheim et au delà	1 328 851	1 419 894	935 436	1 243 715	424 215	410 853
TOTAUX vers l'amont	2 400 559	2 437 333	1 641 783	1 926 313	628 063	609 258
Jusqu'à Emmerich	33 386	28 450	1 891	3 150	»	»
Hollande	1 249 565	1 152 064	235 385	161 671	3 745	2 967
Belgique	481 493	536 389	113 767	146 278	2 360	20 011
Suède et Norvège	»	»	»	»	»	750
Ports de la Baltique (vapeurs mixtes)	»	»	3 550	5 670	500	2 650
TOTAUX vers l'aval	1 764 444	1 716 903	354 593	316 769	6 605	26 378
TOTAL des transports par le Rhin	4 165 003	4 154 236	1 996 376	2 243 082	634 668	635 636

les charbons devant être amenés cependant des houillères à l'un des trois ports principaux très rapprochés les uns des autres (Ruhrort, Duisburg et Hochfeld) par chemin de fer, et ce, tant que les canaux nécessaires réclamés par tous les industriels n'auront pas été construits.

Prix de revient des charbons de la Ruhr.

Le prix de revient des charbons dépendant non seulement de la nature, de l'épaisseur et de la disposition des couches en exploitation, mais aussi de la méthode d'exploitation, des quantités annuelles extraites et du rendement du travail des ouvriers, est nécessairement très variable ; c'est ainsi que les charbons de la Société de Gelsenkirchen ont atteint, par exemple, en 1899-1900, à la mine « Minister Stein » un minimum de M. 5,54 par tonne sur carreau et à la mine « Bonifacius » un maximum de M. 8,20 par tonne. La Société de Harpen, qui est une de celles qui se sont le plus développées pendant ces dernières années, indique un prix de revient de M. 7,33 par tonne ; les prix moyens annuels de ces deux Sociétés, qui sont les plus importantes du bassin, ont varié comme suit, de 1894 à 1899 :

	1894	1895	1896	1897	1898	1899
	—	—	—	—	—	—
Soc. de Gelsenkirchen.	5,33	5,42	5,46	5,79	6,16	6,58
Société de Harpen. . .	5,70	5,80	5,74	6,08	6,49	7,33

On voit que l'augmentation, dans les cinq années considérées, est de 23,4 0/0 et de 28,6 0/0. Nous n'en rechercherons pas ici les causes directes.

Main-d'œuvre et production des mineurs.

Il nous paraît intéressant de donner ici quelques chiffres relatifs à la main-d'œuvre et à la production par ouvrier dans le bassin de la Ruhr.

La production, en tonnes, par homme et par an, non compris les porions, comparée aux chiffres correspondants des autres districts miniers allemands, a été, par exemple, la suivante :

Exercice.	Haute Silésie.	Basse Silésie.	Ruhr.	District de la Saar.
1891	331	203	278	221
1895	345	217	274	226
1898	382	224	274	245
1899	379	219	274	237

Les différences entre les divers districts proviennent, évidemment, de la nature des couches et des conditions de l'exploitation.

Quant aux salaires quotidiens moyens, dans le district de la Ruhr, ils ont varié comme suit :

Exercice.	Classe I. — Piqueurs.	Classe II. — Charpentiers ouvriers de l'entretien.	Classe III. — Ouvriers au jour.	Classe IV. — Gamins et apprentis.
	marks	marks	marks	marks
1855	2,20	»	»	»
1860	1,95	»	»	»
1870	2,75	»	»	»
1875	3,80	»	»	»
1880	2,70	2,09	2,20	1,02
1885	3,04	2,22	2,36	1,05
1890	3,98	2,93	2,82	1,23
1895	3,75	2,65	2,74	1,11
1900	5,16	3,36	3,32	1,28

On voit que l'augmentation se fait sentir surtout dans les dernières années et que, pour les piqueurs, les salaires sont presque doubles de ceux de 1880.

Le tableau ci-dessous permet enfin de comparer les salaires payés dans le bassin de la Ruhr avec ceux des autres districts ; il en ressort que l'ouvrier de Westphalie est celui qui reçoit les salaires les plus élevés, ce qui est évidemment en corrélation avec les bénéfices plus grands que donnent les exploitations du district et dont l'ouvrier profite aussi bien que l'exploitant (1) :

(1) Il n'existe pas, à notre connaissance, de statistique analogue pour les ouvriers des usines métallurgiques, toutefois les salaires industriels s'établissent en moyenne comme suit :

Un maître ouvrier spécialiste gagne . . . . marks.	4 »	et plus par jour.
Un ouvrier ordinaire, de	2,50 à 3,50	—
Un manœuvre, de	2 » à 3 »	—
Un gamin, de	1,50 à 2 »	—

EXERCICE	HAUTE-SILÉSIE	BASSE-SILÉSIE	DISTRICT DE DORTMUND	SAAR	AIX-la-CHAPELLE	HALLE (lignites)	HALLE (salines)	MINES DE FER				
								MANSFELD	HARZ	SIEGEN	NASSAU	EIFEL; ETC.
1895	2,46	2,43	3,18	3,27	2,85	2,50	3,41	2,61	2,03	2,20	2,25	2,15
1896	2,49	2,49	3,29	3,28	2,91	2,56	3,48	2,80	2,07	2,52	2,36	2,20
1897	2,58	2,59	3,57	3,34	3,42	2,64	3,58	2,93	2,09	2,78	2,55	2,25
1898	2,73	2,67	3,74	3,40	3,27	2,74	3,59	3,05	2,13	2,89	2,72	2,38
1899	2,87	2,80	3,96	3,48	3,45	2,87	3,64	3,19	2,16	3,27	2,90	2,50

Briquettes de houille.

La fabrication de la briquette destinée surtout à utiliser le poussier et à le mettre sous une forme pratique pour le consommateur, s'est surtout développée, en Westphalie, dans les dix dernières années et à la suite de la création, en 1891, d'un syndicat de vente des briquettes.

La production de briquettes du district de Dortmund, qui n'était, en 1891, que de 482 000 *t*, s'est trouvée portée, en 1895, à 796 000 *t*, et a atteint, en 1900, le chiffre de 1 530 000 *t*; elle a donc plus que triplé.

Les presses employées dans les quatre-vingt-douze usines à briquettes actuelles, sont surtout des presses Bietrix-Couffinhal, construites, pour l'Allemagne, par les ateliers Schuechtermann et Kremer; les briquettes ovoïdes et les autres presses de construction nouvelle, n'ont trouvé, jusqu'à présent, que des applications restreintes (1).

Lignites rhénans.

La région rhéno-westphalienne dispose encore d'un autre combustible dont l'importance paraît s'accentuer quoiqu'il ne puisse entrer en ligne de compte pour la fabrication du coke; ce sont les lignites qui se trouvent dans le district minier de Bonn et s'étendent au sud de Cologne.

La surface actuellement exploitée comprend 120 km^2, ce qui, pour une puissance moyenne des couches de 27 *m*, répond à environ 3 000 millions de tonnes.

(1) Voir notre étude sur l'Exposition de Dusseldorf. *Bulletin* de juillet 1902, page 26.

Ces lignites, extraits très superficiellement au siècle dernier, avaient été complètement négligés surtout après la création de voies ferrées permettant l'arrivée des charbons de la Ruhr en amont de Cologne ; ils n'ont repris une certaine importance que vers 1876, sous l'impulsion de la Société Roddergrube, près Brühl ; la fabrication préalable de briquettes facilitant l'expédition, les exploitations se sont surtout développées à partir de 1890. Le lignite sortant de la mine a, en effet, une teneur en eau de près de 60 0/0, ce qui réduit sensiblement la valeur calorifique, de sorte que 3 *kg* de lignite cru équivalent à 1 *kg* de houille de la Ruhr ; desséché à 100°, ce même lignite contient :

Carbone. . . .	66,5 0/0	Oxygène et azote.	23 0/0
Hydrogène . .	5,5	Cendres.	5

La fabrication de la briquette de lignite est basée précisément sur le dessèchement du lignite cru, et on se sert de fours à sole rotative séchant complètement le lignite préalablement trié et broyé ; la chaleur nécessaire est tirée des vapeurs d'échappement circulant dans des tuyaux et sans contact avec la matière à traiter. Le produit sec traverse des malaxeurs et est amené par chaînes à godets aux presses à briquettes nécessitant chacune de 70 à 80 *ch* et fournissant des pressions de 1 200 à 1 500 *atm* ; l'échauffement produit dans la masse par cette compression fait fondre les éléments bitumineux, ce qui évite l'emploi de toute matière agglomérante étrangère (1).

En sortant de la presse, les briquettes se refroidissent sur un transporteur à bande de longueur variable jusqu'à 200 et 300 *m*.

Un seule presse peut fabriquer de 40 à 70 *t* par jour, chaque briquette normale pesant de 0,36 à 0,50 *kg*.

Un syndicat s'est formé déjà, en 1889, en vue de favoriser le développement de ces exploitations, et il paraît avoir réussi, ainsi qu'en fait foi le tableau ci-dessous (page 73) :

Rappelons que les productions indiquées pour 1901 ont été obtenues avec vingt et un centres d'exploitation et ateliers comprenant en tout 172 presses à briquettes (2).

Quant au *prix* du lignite sur place il est de M. 1,70 par tonne, et étant donné qu'il faut trois fois plus de lignite que de houille

(1) Ces installations sont construites, pour la plupart, par les ateliers de Buckau-Magdebourg et par ceux de Zeitz, à Cologne-Ehrenfeld.

(2) Voir *Stahl und Eisen*, n° 21, du 1er novembre 1902, le rapport de l'Association pour le développement de la production des lignites rhénans.

Production et vente des lignites rhénans de 1895 à 1901.

	1895	1897	1898	1899	1900	1901
Extraction de lignites. . . . . *t*	1 555 400	1 844 600	2 579 400	3 869 200	5 099 500	5 992 500
Vente de lignites bruts . . . . . *t*	84 200	215 800	519 900	558 800	807 000	930 600
Production de briquettes de lignite. . . . . *t*	419 400	467 500	614 600	929 300	1 256 900	1 465 800
Vente de briquettes de lignite . . . . . *t*	398 120	498 700	610 900	876 400	1 208 300	1 235 100
Nombre d'ouvriers	2 288	2 121	2 986	4 293	5 096	6 330
Total des salaires payés. . . . . marks	1 519 840	1 619 100	2 509 600	3 902 500	4 829 600	5 974 700
Proportion de briquettes par rapport à l'extraction . 0/0	26,9	25,3	23,8	24,0	24,6	24,4

pour obtenir le même effet calorifique, cela répond à une valeur proportionnelle de M. 5,10 par tonne de houille.

Comme applications des lignites, nous nous contenterons de mentionner, au point de vue industriel, les gazogènes à lignites de Deutz (1) et le chauffage des chaudières à vapeur au moyen de grilles à gradins à grands foyers et à alimentation automatique.

II. — **Minerais de fer** (2).

Les mines de fer de la Westphalie ne jouent qu'un rôle relativement peu important dans la fabrication de la fonte, soit par suite de leurs teneurs trop faibles, soit en raison de leurs compositions spéciales ne répondant pas toujours aux besoins des usines, et surtout parce que là aussi la question des transports n'est pas résolue encore comme elle devrait l'être; la principale partie des lits de fusion est formée de minerais riches de Suède et d'Espagne amenés par voie d'eau ainsi que de minette de Lorraine et du Luxembourg.

Les centres principaux d'exploitation de minerais de fer de la région se répartissent comme suit :

a) Dans le *bassin de la Ruhr* et en *Westphalie*, ce sont surtout des minerais argileux à 30-50 0/0 de fer, qui sont extraits près de Porta-Westfalica, ainsi que des hématites rouges oolithiques à 38 0/0 de fer et 1 0/0 de phosphore; des exploitations peu importantes existent encore dans le district de Dortmund à Bochum (blackband) puis près de Witten et de Werden (minerai argileux et phosphoreux); l'extraction du district de Dortmund n'a été, par exemple en 1900, que de 346 140 *t.*

b) C'est le *pays de Siegen* avec ses minerais spathiques riches en manganèse (Mn = 9 0/0) et relativement pauvres en phos-

(1) Voir *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France.* Juillet 1902, page 53.

(2) Nous croyons devoir signaler ici, tout particulièrement, une étude très complète et très documentée sur la question de l'approvisionnement en minerai des hauts fourneaux allemands, publiée dans *Stahl und Eisen*, n° 6 du 15 mars 1896. Cette étude. due à M. E. Schrœdter, Secrétaire général de l'Association des Ingénieurs métallurgistes allemands, est d'un grand intérêt technique et économique et est restée une source de renseignements précieux, grâce aux nombreux tableaux et aux neuf cartes qui l'accompagnent.

Pour les chiffres de statistique plus récents, nous avons utilisé surtout les publications parues lors du Congrès minier de Dortmund, en septembre 1901, et notamment l'étude du Docteur Tübben, que nous avons déjà eu l'occasion de signaler précédemment.

phore, qui est le fournisseur local le plus important des hauts fourneaux. Les mines du Siegerland sont toutes exploitées aujourd'hui par puits, ce qui augmente naturellement le prix de revient et rend le développement de l'extraction, sinon impossible, du moins très difficile; les deux tiers des minerais de Siegen sont consommés par les fourneaux locaux, le reste est expédié vers le Rhin et dans le bassin de la Ruhr.

c) Les districts de la *Lahn* et de la *Dill* fournissent surtout des hématites rouges de teneurs très variables, atteignant exceptionnellement 60 0/0 et 45 à 50 0/0 en moyenne; le quart de l'extraction est consommé sur place, le reste est expédié de même aux fourneaux rhénans et westphaliens.

d) Pendant de longues années, on a consommé aussi de fortes quantités de *scories de puddlage et de réchauffage*, mais les stocks en sont presque épuisés et ne se renouvellent plus.

e) Quant aux *scories Thomas*, elles jouent un rôle important dans la fabrication des fontes Thomas en vue d'obtenir les teneurs en phosphore nécessaires.

f) Les *résidus de pyrites* provenant des usines à cuivre de Duisburg et de Hambourg sont utilisés dans certaines limites sous forme de briquettes, comme cela se fait dans quelques établissements français, mais leur emploi ne s'est pas généralisé par suite du prix relativement élevé de la transformation en briquettes, cette forme seule permettant d'augmenter la proportion de résidus dans le lit de fusion. Ces résidus de grillage de l'usine à cuivre de Duisburg contiennent de 62 à 63 0/0 de fer.

g) Quant à la *castine*, elle est fournie surtout par les collines s'étendant de Dusseldorf à Letmathe; celle de l'Angerthal, près de Ratingen, par exemple, est extrêmement pure et contient 99,76 0/0 de CaO, Co^2.

Afin de donner une idée exacte du mouvement des minerais de fer dans la région rhéno-westphalienne, nous ne pouvons mieux faire que de reproduire deux tableaux complets dressés par M. Tübben et indiquant les consommations de minerais locaux et étrangers des hauts fourneaux du district de Dortmund.

Ces tableaux permettent, en effet, de se rendre compte des provenances de tous les minerais employés, du chemin parcouru par eux de la mine aux fourneaux westphaliens, de leur composition, des prix de revient rendus aux usines et des frais de transport dont est grevé chaque minerai.

Minerais allemands *consommés par les hauts fourneaux*

DÉSIGNATION des MINERAIS	QUANTITÉS en TONNES	DÉSIGNATION des EXPLOITATIONS MINIÈRES	VOIES DE TRANSPORT utilisées
1° District de Dortmund.			
a) Hématite brune et minerai argileux.	173520	Porta en Westphalie, Schafberg, près Ibbenbüren	Par chemin de fer
	132400	Hüggel près Osnabrück	Id.
b) Hématite rouge	26000	Porta en Westphalie	Id.
c) Blackband.	22696	Bassin de la Ruhr.	Id.
d) Limonite	1585	Districts de Recklinghausen	Id.
	11887	Distr. Osnabrück, Lingen, Hestrup	Id.
e) Scories de puddlage, réch. Martin, battitures, etc.	532891	Usines du distr. de Dortmund	Id.
f) Purple-ore	53419	Usines à cuivre de Duisburg	Id.
g) Scories Thomas	44121	Usines correspondantes	Id.
2° Pays de Siegen.			
a) Fer spathique	418002	Herdorf, Eisern, Niederschelden, etc.	Ch. de fer par Hagen ou Betzdorf-Deutz
b) Magn. et hém. rouge	66683	Bredelar et Gebhardstein	Arnsberg-Hagen ou Deutz
c) Minerais de mang.	2526	Eisern-Herdorf	Siegen-Hagen ou Berg-Mark.
d) Hématite brune ou minerais argileux	610	Engelskirchen	Id.
e) Résidus de pyrites locales	11226	Siegerland	Id.
f) Scorie de puddlage.	3057	Id.	Id.
3° Lahn et Dill.			
a) Hématite rouge	56497	Distr. min. de Weilburg, Wetzlar et Dillenburg.	Ch. de fer ou partiell. par bateaux de Oberlahnstein
b) Hématite brune et minerai manganèse.	119288	Id.	Id.
c) Fer spathique	3693	Friedrichssegen	Id.
	655	Lindenbach	Siegen-Hagen
4° Lorraine-Luxembourg.			
a) Minette.	1102134	Hayange, Ottange, Fentsch, Esch, Rumelange, Algrange, etc.	Ch. de fer par Niederlahnstein et part. de Niederl. par bateau
b) Purple-ore (résidus de pyrites)	4547	Id. Id.	Id.
5° Autres dist. allemands.			
a) Purple-ore rhénans.	34355	Höchst, Biebrich, Leverkusen	Par bateau sur le Rhin
b) Hématite rouge	2310	Lauterberg a/Harz	Chemin de fer
	6800	Région du Hunsrück	De Bingerbrück par bateau
c) Minerai de mangan.	27200	Id.	Id.
d) Fer spathique mang.	51	Région du Harz (Thale)	Chemin de fer
TOTAL de minerais allemands	2858153		

du district de Dortmund en **1900.**

DISTANCES MOYENNES du transport	TENEURS MOYENNES DES MINERAIS 0/0									PRIX MOYEN FRANCO usine	FRAIS de TRANSPORT
	Fe	Mn	S	SiO^2	Al^2O^3	PhO^5	CaO	MgO	Matières insolub.		
km										marks	marks
75	16-38	1-2,4	0,3	17 »	4 »	0,02-0,3	4 »	»	5-19	7,30	1,70
7	15,9	1,15	0,8	4,5	7,6	0,02	25,9	8,65	5-12	4 »	0,05
108	25,6	0,46	0,22	17,8	11,39	1,34	7,7	2,45	24	6,70	2,76
17	28-40	1-2	0,4	20 »	10 »	1,50	2 »	2 »	12-25	10,48	1,28
25	45-50	»	»	13 »	»	4-5	»	»	15	10,71	1,70
135	43,8	0,56	0,04	22 »	»	3,07	1 »	»	21	9,50	4 »
29	40-65	0,3-7	0,2-2,3	10-15	2-3	0,5-7	0,6-3	0,3	5-18	14,37	1,46
39	66	0-4,5	0,3	»	»	tr.	2,79	»	2-4	17,60	1,67
»	13	4	0,2	6	1	17	44	3	»	10 »	—
153	48	10	0,5	9-12	1-2	0,01	2	1-2	14	20,33	2,98
133	30-53	1-3	»	8-10	2-4	0,15	2-3	0-1	9-15	8,20	2,70
153	32-35	5-7	»	8-14	»	0,03	»	»	»	12,20	2,95
123	35-45	3-4	»	»	»	0,7	»	»	15	12,20	2,75
155	52	»	1,7	13	»	»	»	»	14	13,76	3 »
155	43-55	6-14	»	12-20	»	2-3,5	»	»	»	18,83	2,70
214	48-54	0,1-0,5	»	13-16	1-4	0,2-0,5	0,5-5	0,3	2-16	15,60	3,82
217	22-38	7-24	»	13-20	6-8	0-1	1-4	»	10-17	14,44	3,92
200	44	10	»	16	»	tr.	»	»	»	14,60	3,10
190	33,2	7,8	»	»	»	»	»	»	10	14,15	4,15
336	32-38	0,2-0,5	»	6-8	4-7	1,5-1,9	10-18	1,5	6-15	10,23	6,76
336	62	»	2,45	»	»	»	»	»	7	9,90	6,40
240	63	»	2,5	5 »	»	0,1	»	»	»	13 »	1,50
286	54,5	0,08	»	12,4	1,82	0,03	0,64	»	»	20,46	5,85
225	45,5	1	0,08	9,8	8,1	2,3	6,1	1,5	»	11,70	1,45
225	28	18	»	9,3	8,0	1,1	1,2	0,8	»	14,80	1,45
200	44,5	8,5	0,5	»	»	»	»	»	5,4	20,50	6,92

Minerais étrangers *consommés par les hauts fourneaux*

DÉSIGNATION des MINERAIS	QUANTITÉS en TONNES	PROVENANCE des MINERAIS	VOIES DE TRANSPORT utilisées (1)
1° Espagne et Portugal.			
a) Nord de l'Espagne : hém. brune, rouge et fer spathique . .	993066	Bilbao, Vivero, Sommorostro, etc.	Bilbao ou Santander à Rotterdam par mer, de Rotterdam par ch de fer ou par eau . . .
b) Sud de l'Espagne et Portugal : hématite brune et min. mang.	86547	Cartagena-Almeria	Carthagène-Rotterdam par me ensuite comme ci-dessus.
c) Purple-ore espagnol	27380	Bilbao-Santander.	Comme pour *a)* . . . . .
2° Suède et Norwège.		Grängesberg	Oxelösund Rotterdam mer, ensuite comme 1 *a)*. . . .
a) Magnétite et hématites rouges de Suède	975326	Gellivara.	Lulea Rotterdam par mer, ensuite comme 1 *a)*. . . .
b) Hématite rouge de Norwège	18804	Skien	Skien-Rotterdam par mer, ensuite comme 1 *a)*. . . .
3° Hollande.			
a) Limonite	57256	Beeringen, Meppel, Baalten, Zonhofen, Bourg-Léopold, etc.. .	Chemin de fer et eau. . . .
b) Purple-ore	2500	De fabrique de prod. chimiques.	Chemin de fer. . . . .
4° Belgique.			
a) Limonite	76273	Côtes-du-Nord	Anvers Ruhrort par eau, de Ruhrort par chemin de fer. .
b) Purple-ore	14190	De fabriques de prod. chimiques.	
c) Scories de puddlage	186799	Usines diverses.	
5° France.			
a) Hématite rouge . .	38247	Caen et Nantes	A Rotterdam par mer, ensuit comme 1 *a)* . . . . .
b) Scories de puddlage	110829	Usines diverses	Par eau et par chemin de fer
6° Italie.			
a) Magnétite et hém. brune.	22795	Ile d'Elbe	Portofernio-Rotterdam à Rotterdam par mer . . .
b) Hém. brune mang.	10000	Santa-Liberata	
7° Grèce.			
a) Hém. brune mang. min. de mang. . .	91173	Ile de Seriphos	Ergasteria-Rotterdam . . .
b) Hématite rouge . .			
8° Algérie.			
Magnét. et hém. rouge	227528	Mokta, Brika, Tafna, etc. . .	Bône, Alger, Rotterdam . .
9° Russie.			
Minerai de manganèse	52676	Caucase	Poti Rotterdam par mer . .
10° Amérique du Nord.			
Hématite rouge . . .	22338	Wabana (Canada).	Halifax-Rotterdam . . . .
11° Angleterre.			
Scories de puddlage .	45846	»	Rotterdam . . . . .
TOTAL de minerais étrangers	3059573		

(1) Environ deux tiers des minerais arrivant par Rotterdam
(2) Ces frais de transport n'ont pu être obtenus exactement.

du district de Dortmund en **1900.**

DISTANCES MOYENNES du transport	TENEURS MOYENNES DES MINERAIS 0/0									PRIX MOYEN FRANCO usine	FRAIS de TRANSPORT
	Fe	Mn	S	SiO^2	Al^2O^3	PhO^5	CaO	MgO	Matières insolub.		
km										marks	marks
1760	46-57	0,5-2	»	9-11	3-8	0,05-1	0-3	0,2-1	5-12	17,90	7 »
3700	22-46	6-20	»	6-11	1,2-3	0,07-0,2	2-5	1-2	»	20,55	12,35
1760	62	»	1,8	»	»	»	»	»	5	13,76	7 »
1930	60-63	0,15	»	4-5	0,7-2,8	2,3-2,7	3-5	1-2	3-6	18,40	6 »
2600	62-65	0,1	»	3-4	1-2	0,9-2,6	1-3	1-2	3-6	19,80	6,60
1935	45	»	»	10	»	1,5	»	»	»	14,50	6 »
207	40-50	0,7	»	5-13	0,6	4-5	»	»	8-25	10,70	3,83
200	62,50	»	1,0	»	»	»	»	»	6,4	9,90	3,70
335	40-50	»	»	5-13	»	4-5	»	»	8-25	10,10	2,95
347	62	»	1	»	»	»	»	»	6,4	10 »	3,50
347	53-59	0,5-1	0,3	1-10	1-2	4-9	0,3-2	0,1	11-17	19,96	3,50
800	46-53	0,3-0,5	»	7-8	3-5	1,5-3	0,3-1	0,15	7-15	14,89	5 »
1200	53-59	0,5	0,3	1-10	1-2	4-9	0,3-2	0,1	11-17	18,59	(?) (2)
1470	60-61	0,3	0,1-2	2-7	1-2	0,02	0,1-0,4	0,3	3-8	23 »	11,30
4500	33	12	»	1,5	2,5	»	13,6	0,65	»	19 »	11,50
6430	28-38	14-21	»	0,5	1-2	0,2-0,3	2-5	1-2	3-8	20,76	11,07
	50-53	0,5-1,5	0,1	8-10	0,9	0,18	2,14	0,4	8-9	»	»
4060	52,5	»	»	12	3,4	1,6	2,9	0,6	»	14,10	11 »
8370	1,5	48	»	10	4	0,4	»	»	»	46 »	(?) (2)
4800	52,5	»	»	12	3,4	1,6	2,9	0,6	»	14,10	11 »
840	53-59	0,5-1	0,3	1-10	1-2	4-9	0,3-2	0,1	11-17	16,64	6,50

remontent le Rhin par bateaux fluviaux jusqu'aux ports de ce fleuve.

Il ressort de ces deux tableaux, que nous ne pouvons analyser ici en détail, mais dont les chiffres parlent par eux-mêmes, que les hauts fourneaux du district de Dortmund ont consommé en 1900 :

En minerais allemands	2 858 153 *t*	soit	48,3 0/0
— étrangers	3 059 573	—	51,7
TOTAL	5 917 726 *t*	soit	100,0 0/0

Nous observerons encore que le canal de la Baltique (Kiel) a raccourci le chemin parcouru par les minerais de Suède, de la côte de Suède-Est à Rotterdam, de 400 *km*, ce qui répond à une économie par tonne de minerai rendu aux ports du Rhin d'environ M. 1; d'autre part, le canal Dortmund-Ems combiné au précédent a porté cette économie à M. 3 par tonne de minerai de Suède en réduisant le chemin total parcouru de 700 *km*.

Quant à l'importance que présenterait pour les usines de la Westphalie la canalisation si souvent réclamée de la Moselle, elle ressort suffisamment du chiffre de consommation des minerais de Lorraine et du Luxembourg, qui a été, en 1900, de 1 102 134 *t*, et du prix de transport de M. 6,76 par tonne répondant à une dépense totale pour transports seuls de M. 7 450 000, et qui n'est admissible que par suite de la fusibilité de ces minerais et de leur teneur en phosphore venant compenser leur faible teneur en fer dans la fabrication des aciers Thomas.

TRANSBORDEMENT DES MINERAIS.

Pour le déchargement des minerais destinés aux hauts fourneaux situés sur le Rhin même, de grandes installations ont été créées, parmi lesquelles nous citerons principalement celle de Rheinhausen (Krupp), munies d'appareils de la Brown Hoisting C°, et celles de la Niederrheinische Hütte et des hauts fourneaux de la Société de Schalke, à Duisburg-Hochfeld; nous donnons les dessins de cette dernière installation exécutée d'après le système Hunt, par la Société Pohlig (*Pl. 47, fig. 1 à 4*). La portée totale des élévateurs placés près du fleuve est de 24 *m* à partir de l'axe du pylône; l'élévateur principal dessert une voie en deux sections d'une longueur totale de 124 *m*, un second élévateur plus court et en une seule travée n'a qu'une voie de 61 *m*.

Les récipients ont une contenance de 9 *hl*, et on arrive, avec

une force motrice de 15 *ch*, à décharger par heure de 50 à 75 *t* de minerai.

Les élévateurs se déplacent parallèlement à la rive, sur une voie de 160 *m* de longueur, à raison de 0,25 *m* par seconde.

III. — Fabrication du coke.

Étant donnée la richesse du bassin houiller de la Ruhr, dont les couches contiennent environ 57 0/0 de houille à coke, il est naturel que la fabrication du coke, non seulement pour les industries locales, mais même pour l'exportation, ait pris de même une grande importance.

Nous donnons ci-dessous, d'après M. Koehne, les chiffres de production en coke des divers districts houillers de l'Allemagne.

Il ressort de ce tableau que c'est le bassin de la Ruhr qui occupe la première place et a fourni en 1900 : 74,6 0/0 de la production totale de coke de l'Allemagne. Quant aux chiffres d'exportation, ils figurent au tableau précédent (page 66).

Fours a coke.

Les fours à coke à compartiments oblongs, les seuls qui soient encore employés aujourd'hui, ont été introduits dans la région de la Ruhr dès 1850 ; les principaux types usités étaient, tout d'abord, les fours *Smet* à carneaux horizontaux, puis les fours François et Rexroth à carneaux verticaux ; le four Coppée réunissant les avantages des précédents a été enfin amélioré de diverses façons par *C. Otto*, de Dahlhausen (1867). C'est le type Otto qui a pris, en Westphalie, la plus grande extension, et il y a actuellement environ 10 000 fours Coppée-Otto en marche dans la région westphalienne (1). Quelques autres systèmes de fours, tels que ceux de Collin, von Bauer, Brunck, etc., ont aussi été appliqués, mais sont loin d'avoir atteint le développement pris par les fours Coppée et Otto.

Récupération des sous-produits.

En même temps que la puissance de production était augmentée, la question tout aussi importante de la réduction des prix de revient du coke n'était pas perdue de vue, et dans cet

(1) Voir *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*. Juillet, 1902, pages 23 et suivantes, et planche 30.

Production de coke en Allemagne de 1891 à 1900

en unités de 1 000 tonnes.

DISTRICTS MINIERS	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900
Bassin de la Ruhr	4 388	4 561	4 780	5 399	5 563	6 265	6 872	7 374	8 202	9 644
Haute-Silésie	1 118	1 060	1 060	1 122	1 190	1 269	1 399	1 455	1 516	1 411
Basse-Silésie	293	325	366	416	431	443	424	430	460	536
Bassin de la Saar	584	587	574	695	713	744	821	887	876	894
Aix-la-Chapelle	266	259	219	207	212	310	251	259	269	267
Obernkirchen	25	26	27	24	27	27	31	30	33	33
Royaume de Saxe	82	82	73	79	70	77	78	72	74	74
TOTAUX	6 712	6 899	7 099	7 941	8 205	9 136	9 876	10 507	11 430	12 859
Augmentation annuelle 0/0	—	2	3,6	11,8	3,2	11,4	8,1	6,4	8,8	11,0

ordre d'idées, c'est l'utilisation des gaz supplémentaires qui s'impose en première ligne. Nous ne ferons que rappeler l'emploi de ces gaz au chauffage des chaudières fournissant la vapeur aux ateliers de lavage et de triage, et insisterons plus spécialement sur la récupération des sous-produits.

C'est surtout la Société Otto-Hilgenstock qui a donné à cette industrie un essor considérable en Allemagne et qui a fait la première installation de ce genre dans le bassin de la Ruhr en 1881, à la mine Holland, près de Wattenscheid. La statistique fournit pour les cinq dernières années les chiffres suivants:

PRODUITS OBTENUS	1896	1897	1898	1899	1900
Sulfate d'ammoniaque . . . *t*	20 975	17 447	27 442	30 695	36 504
Benzols	215	3 624	6 347	5 276	12 000
Goudrons.	28 341	38 623	64 695	73 362	77 088
TOTAL des sous-produits *t*	49 531	59 694	98 484	109 333	125 592

On voit que la production de sous-produits a presque triplé sans que les prix de vente en aient été trop fortement atteints, grâce à l'emploi de plus en plus répandu du sulfate d'ammoniaque pour l'agriculture.

Nous sommes en mesure de reproduire aujourd'hui les résultats d'exploitation d'un groupe de 60 fours à coke Otto-Hilgenstock avec chalumeaux, tels qu'ils ont été décrits dans notre étude sur l'Exposition de Dusseldorf; ces chiffres, basés sur les rendements de deux années consécutives, permettent de se rendre compte de l'économie obtenue par la récupération des sous-produits dans le cas considéré et avec emploi de charbon à coke de la Ruhr.

Nous reproduisons enfin *(Pl. 47, fig. 5 à 10)* les dessins complets d'une installation de 60 fours à coke Otto-Hilgenstock, disposés pour la récupération des sous-produits et munis de tous les appareils mécaniques perfectionnés utilisés aujourd'hui; nous signalerons notamment ici la disposition consistant à recevoir le coke défourné sur des plates-formes mobiles manœuvrées par un pont roulant électrique et à le charger directement dans les wagons.

Rendements d'exploitation de fours à coke Otto-Hilgenstock avec chalumeaux à gaz et récupération des sous-produits.

(Mine Koenig-Ludwig à Bruch en Westphalie en 1899 et 1900.)

	1899		1900	
Nombre de fours à coke en marche. .	60		60	
Houille chargée. . . . . *t*	133 853		140 735	
Coke produit. . . . . *t*	99 507,5		104 840	
Rendement en coke. 0/0	74,34		74,53	
Teneur en eau de la houille chargée .	12 à 14 0/0		12 à 14 0/0	
Résultats de la condensation des sous-produits :	PRODUCTION		PRODUCTION	
	TONNES	0/0	TONNES	0/0
1° Goudron (passé en partie à la distillation)	3 208,450	2,760	3 312,640	2,695
2° Sulfate d'ammoniaque	1 365,700	1,180	1 393,000	1,133
3° Benzol brut à 90°	413,600	0,356	353,000	0,369
4° — 50°	»	»	83,500	0,078
5° Toluol brut	111,550	0,096	109,570	0,089
6° Xylol brut.	31,430	0,027	113,500	0,092
7° Naphte	24,500	0,021	63,000	0,051
8° Naphtaline brute.	62,000	0,053	160,300	0,139
Rendements totaux en sous-produits.	5 217,230	4,493	5 588,510	4,646
Totaux de la fabrication des benzols .	643,080	0,553	882,870	0,818
Consommation d'acide sulfurique à 60° pour sulfate d'ammoniaque . . . *t*	1 323,285		1 345,350	
Consommation d'acide sulfurique 0/0 de sulfate	96,8		96,6	
Distillation de goudron :				
Quantité de goudron traitée . . . . *t*	1893,870			
Rendements en produits commerciaux. Poix . . . . . *t*	1 270,000	soit 0,670		
Huile d'anthracène. .	198,870	— 0,125		
— de créosote . .	213,400	— 0,102		
Naphtaline brute. . .	46,700	— 0,019		
Anthracène brute . .	30,000	— 0,015		
Carbolineum.	10,920	— 0,004		
Rendement total de la distillation de goudron . . . . . *t*	1 769,890	soit 0,935		

Pilonneuses et enfourneuses mécaniques.

On sait que le pilonnage du charbon avant sa carbonisation s'applique surtout aux houilles relativement maigres ; aussi le rencontre-t-on surtout en Haute-Silésie, où la qualité du charbon laisse beaucoup à désirer et où la compression préalable combinée à une haute température permet seule d'obtenir du coke industriel transportable.

En Westphalie, pour pouvoir employer certaines houilles de couches plus maigres, on a adopté de même, dans certains cas, le pilonnage et l'enfournement mécaniques, chacune de ces opérations étant faite soit séparément, soit combinée sur la même machine.

Nous croyons inutile d'insister ici sur les avantages que peuvent présenter ces machines pour certaines mines françaises dont les couches de charbon gras s'épuisent de plus en plus, au point de vue de l'augmentation du rendement en coke, de la moindre proportion de poussier, des plus fortes charges par compartiment (augmentation de 15 à 18 0/0 du poids de la charge), etc.

Les premiers essais de pilonnage de charbon ont été faits vers 1882 à Trzynietz (Silésie autr.). Les brevets Quaglio (1885), qui portaient sur l'introduction, dans les compartiments de la masse de charbon préalablement pilonnée à la main, sont ceux qui se trouvent appliqués aujourd'hui presque partout sous différentes formes. Les principaux constructeurs de ces machines sont les ateliers Hartmann, à Chemnitz (Saxe), Kuhn et C^ie^, à Bruch en Westphalie, et Méguin et C^ie^ à Dillingen-sur-Saar. Parmi les usines métallurgiques fabriquant elles-mêmes leur coke et ayant adopté le pilonnage et l'enfournement mécaniques, nous citerons les suivantes :

Société de Hœrde (1899).	1	machine Kuhn et C^ie^.
Usines Phœnix-Laar près Ruhrort (1900)	4	machines —
Deutscher Kaiser à Bruckhausen (1900)	2	— —
Mines de Wendel à Sulzbach (1900-1902)	4	— —
— — —	3	machines Hartmann-Chemnitz.
Stumm frères à Neunkirchen	6	— —
Usines de Burbach près Sarrebrück. .	4	— —
Usines Rœchling à Vœlklingen. . . .	3	— —

Les dispositions adoptées sont très variées et on peut employer comme force motrice la vapeur ou l'électricité ; on peut installer

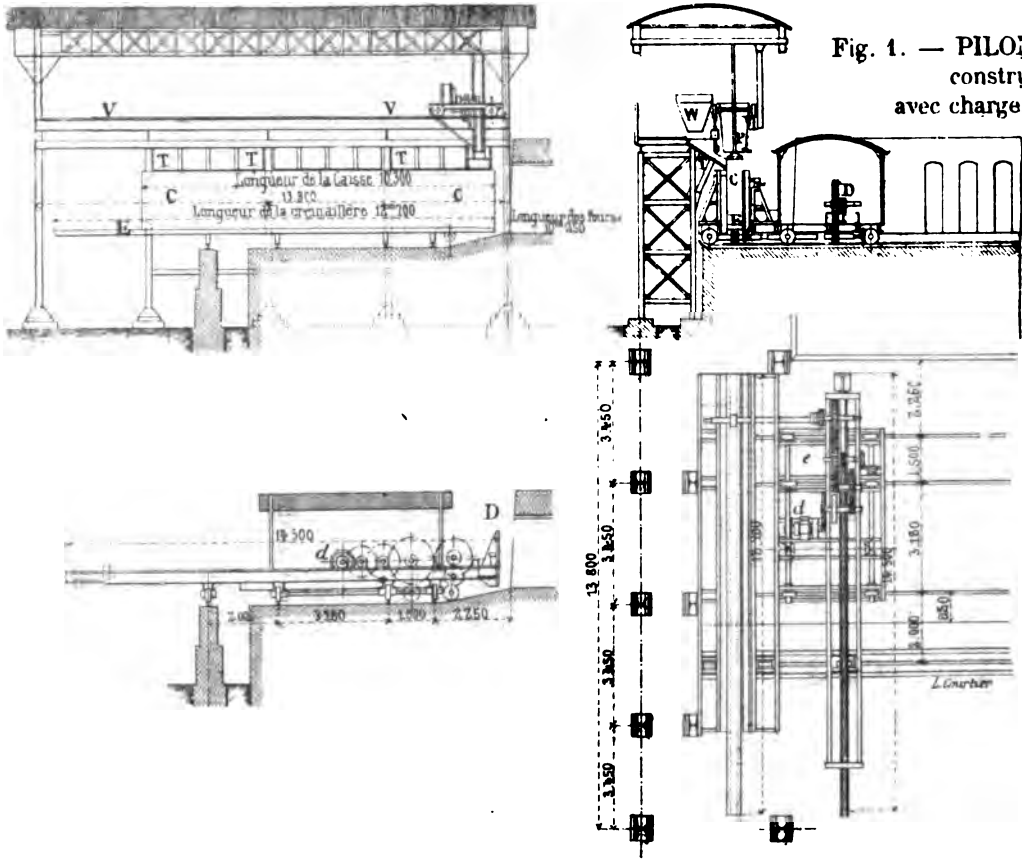


Fig. 1. — PILONNEUSE-DÉFOURNEUSE
construction KUHN et Cie
avec chargement et pilonnage fixes.

Légende

W Wagonnets à houille chargeant la caisse C par les trémies T

P Pilonneuse à deux pilons sur voies fixes VV; 50 coups par minute

C Caisse de pilonnage mobile avec fond d'enfournement à crémaillère E

D Défourneuse actionnée par la dynamo *d*

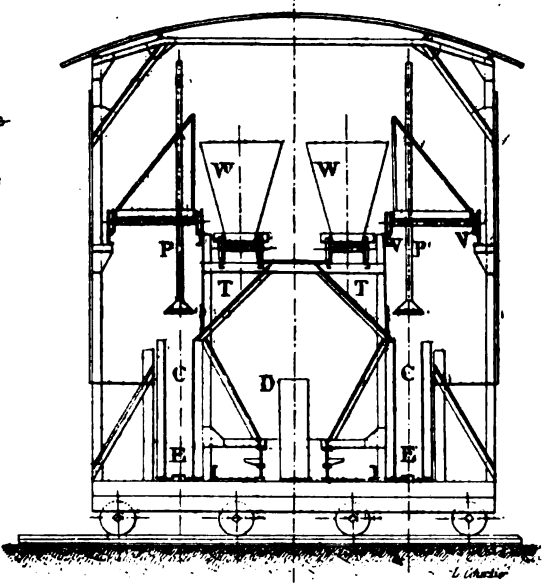
e Transmission de mouvement à la plaque d'enfournement E

aussi les pilons à poste fixe ou bien les monter sur chariot mobile, la caisse à charbon étant alors amenée avec les pilons devant les compartiments; la masse de charbon est simplement introduite dans ceux-ci au moyen d'un fond mobile à crémaillère que l'on retire aussitôt le four chargé. La teneur en eau la plus convenable pour un bon pilonnage est de 8 à 12 0/0. Nous donnons, *(fig. 1)*, le dessin d'une installation exécutée par Kuhn et Cie avec station fixe à pilons doubles; les fours ont une longueur de 10,250 *m* la caisse a 10,300 *m* et la plaque d'enfournement avec crémaillère sur toute la longueur; formant le fond mobile de la

Fig. 2. — PILONNEUSE ENFOURNEUSE DOUBLE
mobile avec la défourneuse actionnée par électromoteur
Construction HARTMANN de Chemnitz.

Légende

W Wagonnets à houille à vider successivement pendant le pilonnage
T Trémies aboutissant aux caisses de pilonnage C
C Caisses de pilonnage à fond mobile
E Fonds mobiles avec crémaillères pour l'enfournement de la masse pilonnée
P Pilons mobiles sur les voies V et actionnés par moteur électrique
D Emplacement de la défourneuse à crémaillère et du moteur électrique du chariot et des appareils E et D



caisse a 12,700 *m*; la largeur de la caisse est de 450 *mm* pour une largeur des compartiments de 500 *mm*. La défourneuse est placée sur le même chariot mobile que la caisse, et les deux crémaillères sont actionnées par une seule dynamo avec transmissions par engrenages et débrayages. La vitesse de translation du chariot est de 40 *m* par minute et les vitesses d'avancement des deux crémaillères de 7 *m* environ; la dynamo motrice développe 20 *ch* à 900 tours; quant aux deux pilons, montés sur un seul bâti, ils sont actionnés par une dynamo de 5 *ch* à 950 tours et donnent chacun 50 coups par minute.

Avec cet appareil, on peut charger régulièrement 50 fours à raison de 48 heures de carbonisation; après chargement d'un compartiment, pour ramener la caisse aux trémies, la charger et pilonner par couches, puis revenir à un autre compartiment, il faut de 20 à 25 minutes.

Pour éviter les pertes de temps dues au déplacement continuel du chariot avec sa défourneuse, qui est ainsi immobilisée pendant le pilonnage, on a combiné un appareil portant les trémies de remplissage de la caisse avec voies supérieures pour les wagonnets à charbon amenés soit d'une estacade, soit des fours à coke eux-mêmes; nous donnons ci-joint *(fig. 2)*, la disposition d'un appareil de ce genre (construction Hartmann) actionné par dynamos et comprenant deux trémies, deux caisses et deux pilonneuses disposées de chaque côté de la défourneuse.

IV. — Fabrication de la fonte.

Nous avons indiqué déjà, dans une note précédente (1) la part prise par le district de Dortmund à la production de fonte du monde entier; cette participation est de 7 0/0, celle de la France n'étant que de 6,3 0/0 pour 20 0/0 réservés à l'Allemagne dans son ensemble.

L'augmentation de la production de fonte des hauts fourneaux du district de Dortmund de 1880 à 1900, ainsi que la répartition des diverses sortes produites avec les valeurs correspondantes par tonne, ressort du tableau ci-contre.

Ainsi que nous l'avons constaté page 62 de la présente étude, c'est la *fonte Thomas* qui constitue la principale production des hauts fourneaux. On sait que l'on exige, pour cette fonte, en vente courante, des teneurs :

en silicium, de	1,0 0/0	au maximum,
en phosphore, de	1,8 0/0	au minimum,
et en manganèse, de	2,0 0/0	—

Le lit de fusion, composé en conséquence, comprend généralement :

1) Minette de Lorraine et du Luxembourg. . de 35 à 40 0/0.
2) Minerai de Suède phosphoreux . . . . . de 35 à 40 0/0.
3) Fer spathique ou hématite brune de Nassau 10 0/0.

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France.* Février 1902, page 224.

4) Additions diverses (scories de puddlage Thomas ou Martin, blackbands, limonites, minerai de Porta). . . . . de 10 à 20 0/0.

Les conditions de transport, onéreuses pour la minette, ont amené les usines à augmenter, autant que possible, la proportion de minerai de Suède ou autres minerais étrangers riches en phosphore et contenant une certaine proportion de manganèse, qu'elles peuvent recevoir par eau (voir page 74 et tableaux correspondants).

Pour obtenir la teneur en manganèse, on a recours aux hématites brunes et au fer spathique. Pour le phosphore, on se servait d'abord des *scories de puddlage* (65 0/0 Fe, 4 0/0 Ph) et de *limonites* locales (42 à 45 0/0 Fe et 1,5 à 2,0 0/0 Ph); mais ces scories devenant de plus en plus rares et, par suite, beaucoup plus chères (elles coûtaient, en 1882 : M. 3, en 1886, M. 8,30 et aujourd'hui, M. 12 par tonne), et ne pouvant se remplacer par les limonites, de prix trop élevé par rapport à leur richesse, trop hydratées, difficilement fusibles, et disponibles de même en quantités trop faibles, c'est à la *minette* que l'on a dû avoir recours tout d'abord ; on en ajoutait environ 15 0/0, puis on est arrivé à 20 et même 30 0/0 à la suite d'une réduction de tarif survenue en 1893. Toutefois, pour les fourneaux situés sur le Bas-Rhin, ce sont les *minerais de Suède* qui fournissent la principale partie du phosphore.

Les principales sortes de ces minerais suédois à prendre en considération sont celles de Graengesberg et de Gellivara; ces minerais sont triés par exemple, d'après leurs teneurs en phosphore, en cinq catégories, depuis $\leq$ 0,05 Ph jusqu'à $>$ 1,5 0/0 Ph, les plus phosphoreuses étant précisément les plus recherchées en Westphalie pour la fabrication de la fonte Thomas. Le minerai de Gellivara est moins avantageux que celui de Graengesberg par suite de sa dureté moindre et de la proportion plus forte de menu en limitant l'addition au haut fourneau.

Les importations de ces minerais phosphoreux ont été, par exemple :

	1894	1900
	tonnes.	tonnes.
Minettes de Lorraine et du Luxembourg. .	352 415	1 102 134
Minerais de Suède de provenances diverses	760 508	975 326
Soit en tout	1 112 923	2 077 460

elles ont donc presque doublé en six ans.

Détail de la production de fonte d

ANNÉE	NOMBRE d'usines	NOMBRE de h^rs fourneaux	NOMBRE D'OUVRIERS	FONTE de Moulage 1 000 *t*	FONTE de Moulage Valeur en marks par tonne	FONTES Thomas, Bessemer et Martin 1 000 *t*	FONTES Thomas, Bessemer et Martin Valeur en marks par tonne	FONTES de Puddlage 1 000 *t*	FONTES de Puddlage Valeur en mark par tonn
1880	18	53	5 700	67,4	68,05	396,2	72,50	352,8	58,52
1	»	52	5 636	71,4	58,22	438,0	70,25	367,1	51,75
2	»	57	6 279	65,6	64,51	591,0	64,75	347,8	54,95
3	17	56	6 443	89,8	58,41	554,4	54,73	421,4	53,16
4	»	52	6 104	74,1	54,53	652,6	50,89	347,6	48,59
5	»	45	5 867	112,3	50,49	645,4	46,83	385,0	43,82
6	»	43	5 513	98,4	47,90	687,4	44,67	360,9	40,21
7	»	47	5 801	144,9	50,51	792,7	42,69	389,7	41,24
8	18	47	6 297	227,4	46,58	773,6	45,12	364,3	44,53
9	17	46	6 529	209,6	52,58	825,0	49,26	376,6	48,23
1890	»	49	6 847	219,2	63,68	824,6	58,45	359,5	57,10
1	»	49	6 907	230,4	63,35	996,0	63,35	260,4	51,26
2	18	48	7 057	253,5	55,71	1 057,9	48,14	250,8	47,27
3	»	45	7 172	276,8	51,81	1 161,5	46,49	198,5	42,15
4	»	45	7 042	316,6	50,15	1 269,4	46,07	172,9	43,19
5	19	51	7 066	295,9	50,65	1 383,0	47,34	141,0	44,46
6	20	57	8 314	388,3	54,53	1 644,8	48,99	127,7	48,20
7	21	60	9 159	427,9	57,12	1 875,1	53,68	115,7	52,23
8	»	60	8 907	426,3	58,03	2 030,3	53,58	85,3	53,84
9	»	65	10 436	456,4	61,98	2 253,4	59,79	81,5	56,53
1900	»	69	11 025	495,7	69,18	2 306,1	65,91	56,2	63,69

district de Dortmund de 1880 à 1900.

MOULAGES en première fusion		PRODUCTION DE FONTE TOTALE			MATIÈRES CONSOMMÉES (non compris le coke)		
1 000 *t*	Valeur en marks par tonne	1 000 *t*	Valeur totale en marks	Valeur en marks par tonne	Minerais scories 1 000 *t*	Castine etc. 1 000 *t*	TOTAL 1 000 *t*
3,5	101,24	819,9	54 472 537	66,90	1 318,7	408,8	1 727,5
5.8	72,01	882,5	54 355 772	61,59	1 855,1	881,4	2 736,4
4,5	82,38	1 008,9	61 975 041	61,43	2 031,4	997,7	3 029,1
6,5	82,14	1 072,1	58 514 905	54,58	2 453,5	809,4	3 262,9
4.4	79,11	1 078,6	54 484 448	50,51	2 406,0	723,8	3 129,8
4,2	76,48	1 147,0	53 122 067	46,32	2 568,7	636,0	3 204,8
3,9	70,48	1 150,5	50 201 395	43,63	2 501,5	655,1	3 156,5
6.3	63,84	1 283,5	55 569 386	43,29	2 818,9	815,9	3 634,8
7.3	74,06	1 372,7	62 412 727	47,49	2 947,8	878,1	3 825,9
9.0	70,46	1 420,1	70 475 505	49,67	3 054,3	885,2	3 939,5
8,6	86,55	1 411,8	83 421 206	59,09	3 081,4	893,1	3 974,6
5,9	68,85	1 492,7	81 234 416	54,42	3 246,1	936,0	4 182,1
5,5	62,50	1 567,8	77 254 589	49,28	3 331,1	777,3	4 108,4
6,6	60,23	1 643,4	77 106 423	46,92	3 491,2	703,4	4 194,6
5,2	56,25	1 755,0	81 699 330	46,55	3 706,9	690,8	4 397,8
5,0	55,94	1 824,8	87 003 924	47.68	3 800,9	736,7	4 537,7
6,8	59,76	2 167,6	108 312 516	49,97	4 449,6	920,2	5 369,8
6.5	62,60	2 425,2	131 555 792	54,25	5 015,2	889,6	5 904,8
4.1	66,49	2 546,0	138 394 360	54,36	5 254,8	934,7	6 189,6
5,2	73,82	2 796,5	168 001 238	60,08	5 888,0	987,6	6 875,6
3,8	78,67	2 861,8	190 179 757	66,45	5 985,3	1 095,8	7 081,1

Si les minerais phosphoreux du Siegerland (fer spathique), qui pourraient avec avantage être utilisés dans la fabrication de la fonte Thomas, n'ont pas été consommés en quantités plus grandes, cela tient uniquement à ce que leurs prix de vente ont été maintenus à des taux trop élevés correspondant, du reste, aux prix de revient au-dessous desquels l'extraction par puits ne permet pas de descendre.

L'emploi de minerais étrangers, qu'il y avait intérêt à choisir les plus riches possibles eu égard aux frais de transport, a eu comme conséquence naturelle une augmentation sensible du rendement des lits de fusion en fonte Thomas; les variations de ce rendement sont indiquées, pour 1888, 1893 et 1900, dans le tableau ci-dessous d'après M. Tübben (page 93).

Quant au *prix de revient* de la *fonte Thomas*, il varie suivant la situation géographique des fourneaux par rapport aux mines et aux voies de transport, d'une usine à l'autre; nous reproduisons cependant, d'après M. Tübben (page 94), deux prix comparés en cas d'emploi de minerai de Grœngesberg d'une part, et de minette de Lorraine d'autre part, les compositions de ces minerais étant les suivantes :

	Fe	Ph	CaO	Matières insolubles.	Rendement en fonte.
	—	—	—	—	—
	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Minerai de Grœngesberg.	61,5	0,8	—	3,96	63 à 64
Minette de Lorraine . .	35,0	0,8	14,0	7,00	32

Ces chiffres font suffisamment ressortir l'intérêt que présentent, pour l'industrie westphalienne, la réduction des tarifs pour minettes et la canalisation de la Moselle au Rhin.

Les *fontes de moulage*, qui viennent en seconde ligne comme importance de tonnage, étaient obtenues autrefois avec des hématites rouges et hématites brunes du Nassau, pauvres en manganèse et en phosphore; une évolution s'est produite, en ce sens qu'on les fabrique aujourd'hui en qualités analogues, en ajoutant aux hématites brunes des minerais de Suède et principalement du minerai de Gellivara à faible teneur en phosphore. Certaines usines emploient aussi, pour la fonte de moulage n° 1, un mélange de minette et de minerai de Suède; d'autres enfin, des minerais d'Espagne et minerai de Suède peu phosphoreux.

Quant aux *fontes spéciales*, telles que les spiegel et le ferromanganèse, elles sont fabriquées principalement dans la région du Rhin (non compris le pays de Siegen dont c'est une spécia-

État comparatif de lits de fusion pour fonte Thomas, en Westphalie, en 1888, 1893 et 1900.

	1888			1893			1900		
	PROPORTION dans le LIT DE FUSION	RENDEMENT du MINERAI SEC	RENDEMENT dans le LIT DE FUSION	PROPORTION dans le LIT DE FUSION	RENDEMENT du MINERAI SEC	RENDEMENT dans le LIT DE FUSION	PROPORTION dans le LIT DE FUSION	RENDEMENT du MINERAI SEC	RENDEMENT dans le LIT DE FUSION
	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Limonites	16,1	35	5,64	»	»	»	»	»	»
Minerai de Suède	»	»	»	25,0	63	15,70	40,0	63	25,20
Scories de puddlage	25,9	54	13,98	20,0	54	10,80	15,0	54	8,10
Scories de réchauffage	5,5	55	3,03	»	»	»	»	»	»
Fer spathique grillé	6,0	48,8	2,92	15,0	48,8	7,32	15,0	48,8	7,32
Hématite brune riche	9,7	42,0	4,07	5,0	42	2,10	5,0	42	2,10
Minette (35-38 0/0 Fe)	36,8	34	12,51	22,5	34	7,65	15,0	34	5,10
Battitures	»	»	»	7,0	55	3,85	4,0	55	2,20
Purple Ore, Blackband, etc.	»	»	»	5,5	55	3,03	6,0	55	3,30
	100,0	»	42,15	100,0	»	50,45	100,0	»	53,32

Prix de revient de fonte Thomas, en Westphalie, en 1900.

	AVEC MINERAI SUÉDOIS DE GRŒNGESBERG	Marks par tonne de fonte	AVEC MINETTE DE LORRAINE	Marks par tonne de fonte
Minerai	1 579 *kg* à M. 18,00 0/00	28,42	3 122 *kg* à M. 10,10 0/00	31,53
Castine	125 — 3,50 —	0,44	— —	—
TOTAL de lit de fusion	1 704 *kg*	28,86	3 122 *kg*	31,53
Coke	868 *kg* à M. 21,00 0/00	18,23	1 100 *kg* à M. 21,00 0/00	23,10
Entretien et divers		1,00		1,00
Salaires		2,50		2,50
Prix de revient brut		50,59		58,13
			A déduire pour chaux vive en excès :	
			219,5 *kg* (castine à M. 3,50)	0,77
				57,36

lité), par la Guttehoffnungshütte, à Oberhausen (spiegels et ferromanganèses), la Société de Schalke, à Duisburg-Hochfeld (spiegels et ferromanganèses), et la Niederrheinische Hütte, à Duisburg-Hochfeld (spécialité de silico-spiegel).

Pour le spiegel, on emploie des minerais locaux manganésés en mélange avec des minerais étrangers de toutes provenances; les minerais étrangers sont, par contre, utilisés exclusivement pour les ferromanganèses à haute teneur.

Les importations, par Rotterdam, de minerais de manganèse, ont été, en 1901 (d'après William H. Muller et Cie, de Rotterdam):

Minerai russe . . .	par Poti	125 467 t
	par Batoum	3 070
Total de minerai de Russie		128 537 t
Minerai des Indes. — Bombay		9 980
— du Brésil. — Rio-de-Janeiro		3 970
— de Turquie.	Derinage	2 424
	Dedeagatsch	400
Total des importations en 1901		145 311

Les analyses moyennes des fontes spéciales de Westphalie sont indiquées ci-dessous (1) :

	SPIEGEL	FERRO-MANGANÈSE	SILICO-SPIEGEL Niederrh. Hütte	FERRO-SILICIUM
	0/0	0/0	0/0	0/0
Manganèse. . .	30 à 45	50 à 85	20,0 à 24,0	0,9 à 1,23
Silicium. . . .	0,65 à 1,0	1,05 à 1,40	10,0 à 14,0	10,0 à 17,0
Carbone. . . .	5,6 à 6,2	6,0 à 7,0	1,1 à 1,3	1,8 à 1,1
Phosphore. . .	0,12 à 0,15	0,23 à 0,25	0,12 à 0,14	0,12 à 0,13
Soufre	—	—	0,018 à 0,023	0,019

Pour donner une idée plus complète de la qualité des diverses sortes de minerais et de leurs applications à la fabrication des diverses fontes produites, nous reproduirons les séries d'analyses établies par la Niederrheinische Hütte, de Duisburg-Hochfeld, qui consomme précisément les qualités de minerais les plus

(1) D'après M. W. Brügmann, Ingénieur à Dortmund. Communication faite à la réunion de l'« Iron and Steel », à Dusseldorf, le 3 septembre 1902.

Analyses de minerais de fer employés à la

	DÉSIGNATION DES MINERAIS	Fe	Mn	Ph	SiO^3
		0/0	0/0	0/0	0/0
1	Ile d'Elbe	61,18	0,31	0,023	5,97
2	Bilbao spathique grillé	57,95	1,03	0,008	9,52
3	Bilbao-Vena	54,58	1,05	0,023	12,03
4	Bilbao-Rubio	52,32	0,96	0,014	10,66
5	Minerai grillé du sud de l'Espagne	57,03	2,23	0,008	5.45
6	Rubio rouge du sud de l'Espagne	55,84	0,30	0,045	7,35
7	Rubio brun du sud de l'Espagne	56,50	2.20	0,122	7,18
8	Hématite de Grèce	51,84	0,56	0,062	10,01
9	Cartagène (Espagne)	49,26	0,79	0,048	11,50
10	Santander (Espagne)	56,80	0,98	0,041	4,31
11	Seriphos (Grèce)	54,86	0,63	0,048	5,29
12	Minerai portugais	49,25	0,28	0,057	14,29
13	Mokta (Algérie)	53,63	2,14	0,016	11,48
14	Diélette (France)	51,50	0,20	0,500	—
15	Petronila du nord de l'Espagne	53,57	2,38	0,018	10,98
16	Tafna (Algérie)	57,58	1,51	0,028	4,47
17	Campanil du sud de l'Espagne	54,96	0,98	0,037	8.34
18	Gellivara peu phosphoreux (Suède)	67,18	0,15	0,060	2,32
19	Gellivara phosphoreux (Suède)	63,51	0,20	1,020	3,67
20	Grœngesberg (Suède)	62,14	0,14	1,190	3,62
21	Wabana (Amérique du Nord)	54,86	0,27	1,220	8,83
22	Minette grise de Lorraine	39,50	0,48	0,780	9,25
23	Minette rouge de Lorraine	36,30	0,62	0,750	7,20
24	Scandia (Norwège)	47,32	—	—	8,46
25	Fer spathique cru de Siegen	48,10	8,35	0,010	8.60
26	Sta-Liberata min. manganésé (Italie)	26,60	16,47	0,078	1,12

Niederrheinische Hütte, à Duisburg-Hochfeld.

CaO	MgO	Al^2O^3	EMPLOIS DES MINERAIS ET OBSERVATIONS
0/0	0/0	0/0	
—	—	—	—
1.14	3,09	2,34	—
1,95	0,43	2,83	Pour fontes hématites.
1,48	0,64	2,07	—
—	—	—	—
2,04	0,55	1,12	Pour fontes hématites et de moulage.
2,90	0,04	1,50	— —
2,01	0,35	1,62	— —
1,03	0,68	2,40	Pour fontes de moulage.
0,30	0,72	3,83	Pour fontes hématites, de moulage, à acier et spiegels.
1,43	0,42	2,17	Pour fontes de moulage.
2,03	0,98	2,98	—
—	0,50	1,71	Pour fontes à acier, rayonnées, pour fours Martin.
—	—	—	Pour fontes de moulage.
0,68	—	—	Pour fontes hématites et à acier.
3,02	0,52	2,11	Pour fontes hématites.
0,24	0,25	1,28	Pour fontes de moulage et hématites.
0,78	0,84	1,28	Pour fontes de moulage.
0,81	0,94	2,16	Pour fontes Thomas et de puddlage.
3,72	1,53	3,56	— —
2,50	0,38	2,54	Pour fontes Thomas, de puddlage et genre Luxembourg.
12,80	0,43	2,90	— — —
15,10	0,38	3,20	— — —
2,50	—	2,92	Pour fontes de puddlage.
0,45	0,56	2,01	Pour fontes Thomas et à acier.
11,40	—	—	Pour silicospiegel, ferromanganèse et spiegels.

Analyses de minerais de fer employés à la

	DÉSIGNATION DES MINERAIS	Fe	Mn	Ph	SiO^2
		0/0	0/0	0/0	0/0
27	Cassandra min. mang. (Asie Mineure).	2,45	44,83	0,012	9,40
28	Poti minerai manganésé (Caucase) . .	1,05	51,01	1,660	9,86
29	Huelva carbonaté (Espagne)	2,45	48,21	0,094	11,76
30	Minerai manganésé des Indes.	5,60	51,43	0,086	9,52
31	Minerai manganésé de Grèce	29,97	16,98	0,009	10,47
32	Minerai manganésé de Milos	3,00	34,73	0,060	22,12
33	Hausmanite (Principauté de Waldeck).	1,45	41,18	0,037	9,82
34	Scorie de puddlage anglaise	56,96	2,46	2,490	18,50
35	Scorie de réchauffage de Westphalie .	47,80	2,10	0,200	28,80
36	Limonites de Belgique.	50,40	0,30	1,200	4,50
37	Minerai de Porman (Espagne)	49,50	0,50	0,050	11,82
38	Huelva (Espagne)	54,91	0.15	0,027	5,66
39	Colondrinos (Espagne).	57,15	0,15	0,130	3,57
40	Castine de Dornap Westphalie	0,50	—	—	0,86
41	Minerai de la mine Sébastien.	45,00	8,00	2,500	—
2	Minerai de la mine Cobourg	55,00	5,00	0,200	—
43	Minerai de la mine Bodendell.	60,00	0,50	0,050	—
44	Minerai de la mine Schelb	40,00	—	0,180	—
45	Minerai de la mine Weimarsglück . .	60,00	0,04	0,130	—

Niederrheinische Hütte, à Duisburg-Hochfeld. *(Suite.)*

CaO	MgOg	Al^2O^3	EMPLOIS DES MINERAIS ET OBSERVATIONS
0/0	0/0	0/0	
6,18	—	—	Pour spiegels et ferromanganèse.
—	—	—	— —
3,90	—	—	— —
—	—	—	— —
—	—	—	— —
2,15	—	—	— —
11,34	—	—	— —
—	—	—	Pour fontes Thomas et de puddlage.
—	—	—	Pour fontes de puddlage.
—	—	—	Pour usages divers.
1,27	—	1,82	—
—	—	4,05	—
7,21	—	0,82	—
54,21	1,35	0,20	Castine normale pour le lit de fusion.
—	Mat. insolubles.	8,00	Ces cinq sortes de minerais proviennent de mines de Westphalie appartenant à l'usine de Duisburg-Hochfeld.
—	Mat. insolubles.	5,00	
—	Mat. insolubles.	2,00	
20,00	Mat. insolubles.	5,00	
—	Mat. insolubles.	10,00	

Série d'analyses de fontes de la

	DÉSIGNATION DES SORTES DE FONTES	Si	C	Mn	Ph	S
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
1	Hématite gros grain	4,43	3,9	0,95	0,079	0,022
2	—	3,34	3,8	0,98	0,077	0,020
3	—	2,54	3,6	0,93	0,080	0,020
4	Hematite grain fin	1,87	3,5	0,86	0,075	0,028
5	— gris clair.	1,12	3,0	0,85	0,079	0,036
6	— exportation nº I. .	3,06	3,8	1,15	0,046	0,019
7	— — nº II .	2,32	3,4	1,20	0,047	0,025
8	— — nº III .	1,70	3,6	1,05	0,042	0,034
9	Moulage gros grain.	3,10	3,8	0,73	0,730	0,021
10	—	2,30	3,7	0,79	0,450	0,020
11	—	1,99	3,7	0,84	0,380	0,022
12	Moulage nº III en lingotières.	1,90	3,6	0,73	0,490	0,025
13	— grain fin	0,93	3,3	0,63	0,530	0,032
14	— grᵉ Luxembᵍ gr. gr.	2,24	3,6	0,79	1,530	0,028
15	Eglington nº I	1,93	3,7	1,88	0,860	0,012
16	Thomas miroitante.	0,49	—	3,35	2,110	0,032
17	— rayonnante	0,32	—	2,21	2,050	0,038
18	Puddlage spiegel gris. . . .	1,05	3,6	4,19	0,250	0,050
19	— nº I miroitante . .	0,47	3,5	3,45	0,270	0,050
20	— nº II rayonnante .	0,42	3,2	2,10	0,400	0,080
21	— nº III rayonnante .	0,21	2,4	1,45	0,590	0,100
22	— nº IV rayon. douce.	0,25	2,4	1,02	0,650	0,120
23	Fonte à acier spiegel gris . .	1,01	4,3	6,38	0,079	0,021
24	— spiegel . . .	0,50	4,1	4,21	0,082	0,036
25	Ferrosilicium à 10 0/0 . . .	10,45	1,83	0,96	0,120	0,019

Niederrheinische Hütte à Duisburg-Hochfeld.

	DÉSIGNATION DES SORTES DE FONTES	Si	C	Mn	Ph	S
		0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
26	Ferrosilicium à 12 0/0 . . .	12,32	1,45	0,99	0,13	0,021
27	— à 13 0/0 . . .	13,10	1,61	1,12	0,11	0,016
28	— à 14 0/0 . . .	14,56	1,20	1,05	0,10	0,014
29	— à 15 0/0 . . .	15,28	1,19	1,30	0,11	0,015
30	— à 17 0/0 . . .	17,06	1,10	1,23	0,13	0,019
31	Silicospiegel à 10 0/0. . . .	10,68	1,30	19,38	0,12	0,025
32	— à 10 0/0. . . .	10,51	1,10	24,48	0,12	0,020
33	— à 11 0/0. . . .	11,49	1,00	23,41	0,13	0,019
34	— à 12 0/0. . . .	12,70	1,10	22,36	0,12	0,025
35	— à 13 0/0. . . .	13,18	1,20	19,19	0,14	0,022
36	— à 14 0/0. . . .	14,65	1,10	20,51	0,14	0,018
37	Spiegel à 30 0/0.	0,65	5,60	30,83	0,12	—
38	— à 32 0/0.	0,60	5,50	32,30	0,13	—
39	— à 35 0/0.	0,72	5,90	35,71	0,13	—
40	— à 40 0/0.	1,10	5,90	40,66	0,14	—
41	— à 45 0/0.	1,01	6,20	45,30	0,15	—
42	Ferromanganèse à 50 0/0. .	1,05	6,00	50,91	0,23	—
43	— à 55 0/0. .	0,65	6,80	55,20	0,25	—
44	— à 60 0/0. .	0,81	6,60	60,34	0,28	—
45	— à 65 0/0. .	0,73	6,70	65,82	0,23	—
46	— à 70 0/0. .	0,96	6,60	70,15	0,23	—
47	— à 75 0/0. .	0,87	6,90	75,68	0,25	—
48	— à 80 0/0. .	0,72	7,20	80,61	0,27	—
49	— à 85 0/0. .	1,40	7,10	85,37	0,25	Fe 6,00

variées ; nous donnons, en même temps, les analyses normales des diverses fontes de cette usine, telles qu'elles servent de base aux marchés passés par elle (voir ces tableaux, pages 96 à 101).

Production des hauts fourneaux westphaliens.

Les productions moyennes, par vingt-quatre heures, des différents fourneaux de la Westphalie sont indiquées dans la nomenclature (page 63). Les chiffres de 150 à 200 *t* ne sont pas rares et sont obtenus aussi bien par l'adoption de hauteurs de plus en plus considérables, avec diamètres convenables du ventre et du creuset, que par l'emploi d'appareils à air chaud de plus en plus grands. C'est ainsi que, par exemple, la Société Union, à Dortmund, dispose de cinq fourneaux dont les deux plus nouveaux ont 23 *m* de hauteur, avec diamètre au gueulard de 4 *m* ; ils sont desservis chacun par quatre appareils Cowper de 7 *m* de diamètre et 30 *m* de hauteur ; avec lit de fusion à 40 0/0, la production par vingt-quatre heures atteint 250 *t*, les anciens fourneaux ne produisant que 150 *t*.

La figure 4 reproduit le profil du fourneau à enveloppe de fonte installé tout récemment aux usines de la Société de Schalke ; ce fourneau, d'une hauteur totale de 21,800 *m* avec diamètre au ventre de 5,800 *m* et de 3,300 au creuset, a un volume de 344 m^3 et produit 250 *t*.

Le haut fourneau le plus grand qui ait été enfin construit en Europe, est celui de la Société Deutscher Kaiser, à Bruckhausen, hauteur 25 *m*, diamètres : au ventre 6,500 *m*, au creuset 4,500 *m*, au gueulard 5 *m* ; pour un volume total de 590 m^3 la production par 24 heures est de 500 *t* (*fig. 3*) ; on aurait obtenu avec cet appareil jusqu'à 518 *t* de fonte par jour, et la production de l'usine aurait atteint, avec quatre fourneaux en marche normale, 1 661 *t*, soit une moyenne de 415 *t* par fourneau et par jour, le rendement du lit de fusion n'ayant été que de 42 0/0 ; ces chiffres méritent une mention toute spéciale.

Ces productions ont été atteintes déjà en Amérique, mais dans des conditions différentes, avec lits de fusion plus riches et moindre consommation de coke ; ainsi que le fait ressortir M. F. W. Lürmann, Ingénieur-conseil à Osnabrück (1), en se basant précisément sur les résultats pratiques obtenus aux usines de Bruckhausen.

(1) Note de M. Lurmann, *Stahl und Eisen*, n° 23, du 15 novembre 1902.

M. Lürmann fait observer, en effet, qu'en Westphalie on emploie fréquemment de 25 à 30 0/0 de minerais magnétiques difficilement réductibles et que, de ce fait, la production de

Fig. 3

PROFIL DU HAUT FOURNEAU
de DEUTSCHER-KAISER à Bruckhausen.

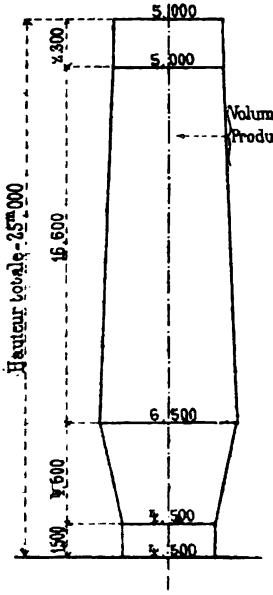
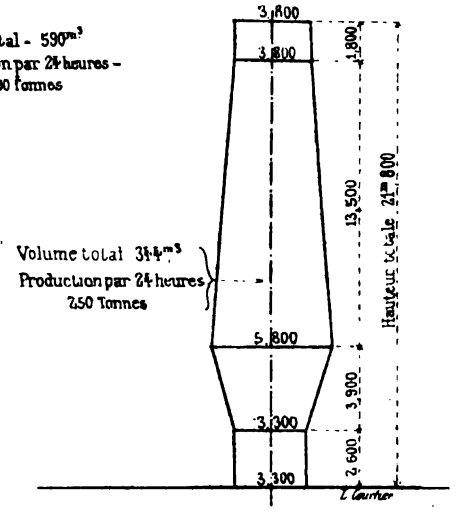


Fig. 4

NOUVEAU HAUT FOURNEAU
de la Société de SCHALKE



500 *t* doit être considérée comme remarquable; la comparaison peut s'établir comme suit :

Pour obtenir 500 *t* de fonte, on consomme :

	Amérique.	Westphalie.
Minerai	848 *t*	1 100 *t*
Castine	162	145
Total de lit de fusion	1 010	1 245
Coke	415	500
Charge totale passant au fourneau . . .	1 425 *t*	1 745 *t*

Hauts fourneaux du pays de Siegen.

Les conditions d'exploitation de ces usines sont toutes différentes de celles des usines placées sur le Rhin ou à proximité, et qui emploient de grandes quantités de minerais étrangers riches. Nous avons indiqué précédemment les charges et les analyses des fontes du pays de Siegen (1) et n'y reviendrons plus ici; c'est là que se trouve le seul fourneau au charbon de bois de cette région qui, autrefois, ne connaissait pas d'autre combustible; ce fourneau appartenant à la Société de Coeln-Müsen ne produit que 2000 *t* par an et la fonte est employée exclusivement à la fabrication de cylindres trempés.

La fabrication de la fonte au coke est grevée ici de frais de transport considérables portant sur le coke et qui s'élèvent, par exemple, pour coke de Herne à Wissen-sur-Sieg (158 *km*) à M. 4,20 par tonne, pour coke de Herne à Creuzthal (125 *km*) à M. 3,50 par tonne, pour les usines Buderus situées à Wetzlar, et qui ne consomment que des minerais locaux de la Dill et de la Lahn; les frais de transport Herne-Wetzlar atteignent même, pour 220 *km*, M. 5,60 par tonne de coke (2); les fontes des usines Buderus contiennent de 0,4 à 0,6 0/0 de phosphore, rarement 0,7 0/0, et sont surtout utilisées pour des moulages.

Nous mentionnerons pour mémoire les profils et les productions correspondantes des principaux hauts fourneaux du pays de Siegen.

On voit, par ce tableau (page 105), qu'à côté de quelques fourneaux à petite production de 20 à 30 *t*, il y en a quelques-uns pouvant fournir de 100 à 145 *t* au maximum.

Construction des hauts fourneaux.

Nous avons mentionné, en grande partie dans notre étude sur l'Exposition (3) les principales innovations apportées en ces der-

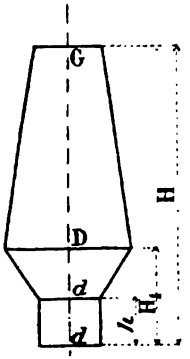
(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France*, de juillet 1902, p. 38.

(2) Si l'on considère les fourneaux situés vers Hanovre, on trouve, du reste, des tarifs encore plus élevés; les usines Georg. Marienhütte-Osnabrück ont le prix de leur coke grevé de M. 3,40 seulement pour 125 *km*, mais celles d'Ilsede, près Peine, doivent payer M. 6,50 par tonne de coke; ces dernières arrivent cependant à compenser cette charge supplémentaire par l'emploi de minerais locaux très fusibles, permettant d'ajouter au lit de fusion des scories riches sans addition de castine; de plus, les installations sont bien comprises, au point de vue de la réduction du prix de revient, et la consommation de coke par tonne de fonte n'est que de 984 *kg*.

(3) *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France*, juillet 1902, p. 28 et suivantes.

Profils et productions des principaux hauts fourneaux du pays de Siegen en 1902.

NUMÉROS D'ORDRE	DÉSIGNATION DES USINES	HAUTEUR TOTALE H	HAUTEUR DE LA SOLE AU VENTRE H_1	HAUTEUR DE LA SOLE AUX ÉTALAGES h	DIAMÈTRE DU VENTRE D	DIAMÈTRE AU CREUSET d	DIAMÈTRE AU GUEULARD G	VOLUME TOTAL	PRODUCTION PAR VINGT-QUATRE HEURES
		m	*m*	*m*	*m*	*m*	*m*	m^3	*t*
1	Niederdreisbacherhütte	12 »	3,95	1,50	3,30	1,50	1,55	51	20
2	Herdorferhütte à Herdorf . . .	14,03	4,70	1,70	3,40	1,35	1,68	63	20
3	Birlenbacherhütte à Birlenbach.	13 »	4,81	1,70	3,78	1,65	2,20	79	30
4	Finnentroperhütte à Finnentrop	14,17	4,90	1,13	3,60	1,70	2,50	90	35
5	Gosenbacherhütte à Gosenbach .	10,375	3,63	1,13	3,29	1,13	1,14	37	»
6	Wissenerhütte (ancienne usine).	17,80	7 »	1 »	4 »	3 »	3 »	168	60
7	Eisenfelderhütte à Eisenfeld . .	17 »	5,75	1,25	4,70	1,75	3 »	170	65
8	Eisernerhütte à Eisern.	17 »	5,90	1,275	4,48	1,94	3,30	171	65
9	Niederschelden	18 »	6,95	2,30	5 »	2,20	3,40	209	65
10	Heinrichshütte à Wissen. . . .	20,80	6,40	1,50	5 »	2,40	3 »	240	90
11	Rolandshütte à Weidenau . . .	17,10	6,50	2,50	5,10	2,80	3,10	204	80
12	Charlottenhütte à Niederschelden	19 »	5,15	1,95	5,50	2,50	4 »	295	95
13	Friedrichshütte à Neunkirchen.	20,75	7,78	2,50	5,45	2,40	4 »	300	100
14	Soc. Cöln-Müsen à Creuzthal. .	14,01	6,10	2,30	5,80	4 »	4,08	252	105
15	Usine de Geisweid.	20 »	7,50	2 »	6 »	2,50	4 »	333	120
16	Soc. Cöln-Müsen à Creuzthal. .	20,87	8,44	2 »	6,18	2,50	3,80	348	125
17	Alfredhütte à Wissen	22 »	8,30	1,40	6 »	2,20	3,80	354	130
18	Bremerhütte à Geisweid. . . .	23 »	7,60	2 »	6 »	2,70	4,10	399	145



H hauteur totale de la sole au gueulard ;

H_1 hauteur de la sole au ventre ;

h hauteur du creuset et ouvrage aux étalages ;

d diamètre du creuset et aux tuyères ;

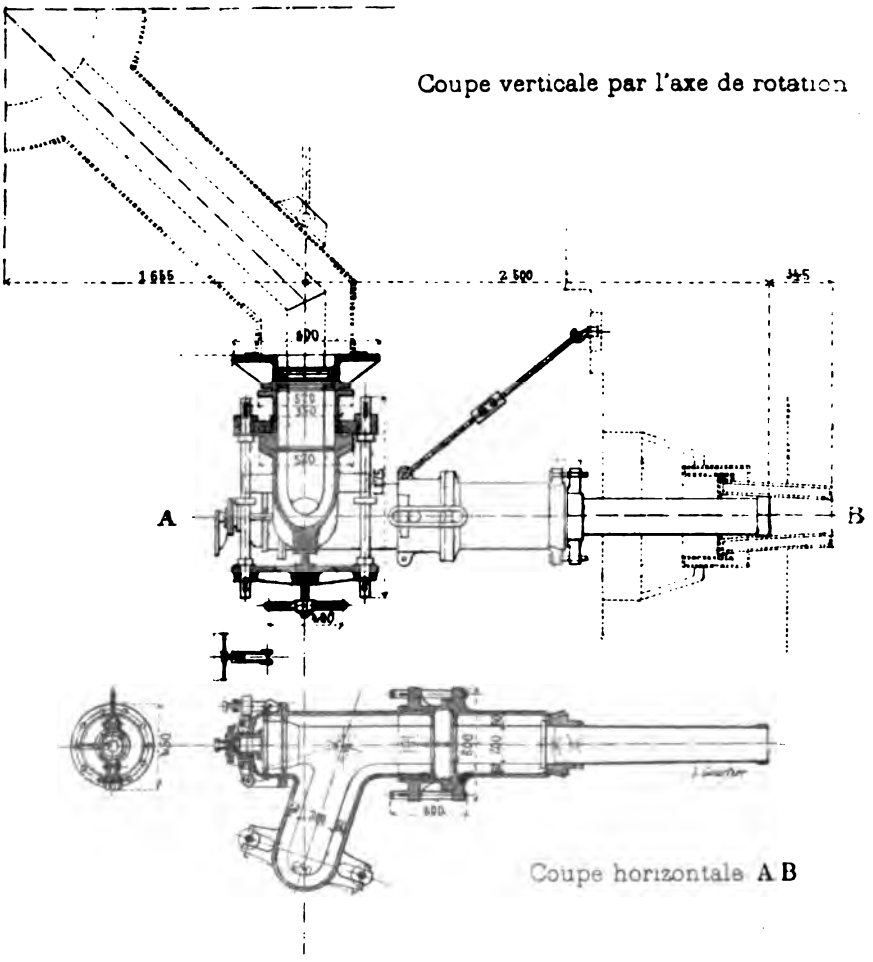
D diamètre au ventre ;

G diamètre au gueulard.

niers temps, à la construction des hauts fourneaux et aux accessoires, et n'avons que peu de chose à y ajouter.

Nous donnons, tout d'abord, les dessins du porte-vent, système Lürmann, avec axe de rotation vertical placé en dehors et à droite de l'axe de la tuyère *(fig. 5)*. Ce porte-vent a été installé

Fig. 5. — TUYÈRE SYSTÈME LURMANN (Osnabrück)



déjà dans un certain nombre d'usines, parmi lesquelles nous citerons, notamment en Allemagne, celles de Coeln-Müsen à Creuzthal, Julienhütte, Kœnigshütte (40 pièces), Laurahütte (8 pièces) et Falvahütte, en Haute-Silésie; Hermannshütte (Krupp), près Neuwied; Charlottenhütte à Niederschelden, etc.

Quant à l'emploi des *enveloppes métalliques*, appliquées d'abord

partiellement aux usines Vulkan, à Duisburg, par M. Burgers, il tend à se développer, et le grand haut fourneau de 500 *t*, de Bruckhausen, ainsi que celui de 250 *t*, de la Société de Schalke, sont munis de revêtements en fonte jusqu'au gueulard ; de nombreuses dispositions de ce genre ont été préconisées en Amérique et la construction du haut fourneau au bois de Ria, due à notre Collègue, M. P. Duthu, avec étalages en fonte est connue ; nous ne pensons pas, toutefois, que l'on ait osé encore jusqu'à présent construire la cuve tout entière en segments métalliques, comme cela vient d'être fait à Bruckhausen et à Schalke (1).

L'emploi en grand des ***briques de carbone*** paraît de même avoir fait de sérieux progrès en ces derniers temps, la fabrication en ayant été perfectionnée de façon à obtenir une dureté et une résistance convenables, ce qui n'était pas le cas précédemment.

Ces nouvelles briques de carbone, provenant des ateliers ***Birschel et Ritter*** d'Erkrath, près Dusseldorf, ont une grande sonorité et une résistance à l'écrasement de 270 à 300 *kg* par centimètre carré ; des essais officiels, faits à Charlottenburg, en janvier 1902, ont donné les résultats suivants :

Poids spécifique de la brique en poudre.	1,991 *kg*
— — en morceaux. . . .	1,441
Degré de densité correspondant	0,724

Dimensions des briques brutes livrées par Birschel et Ritter : 650 × 250 × 120 *mm.*

Dimensions des blocs taillés pour les épreuves à la compression : 250 × 156 × 120 *mm.*

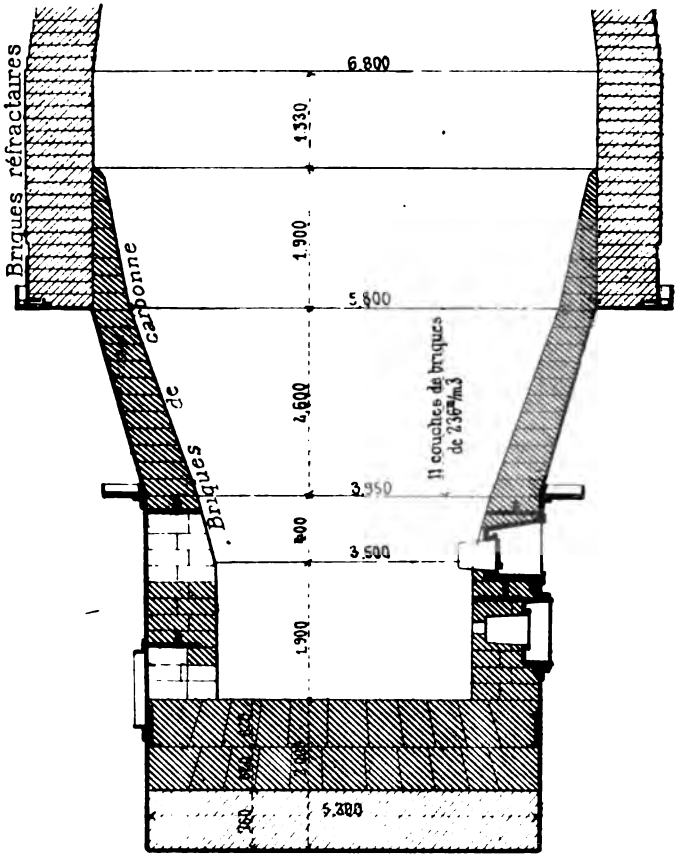
Charge d'écrasement minima	83 470 *kg*	soit 271,55 *kg*	par centimètre carré.
Charge d'écrasement maxima	89 750	— 299,16	par centimètre carré.
Charge d'écrasement moyenne	85 690 *kg*	soit 285,63 *kg*	par centimètre carré.

La fabrication nécessite des précautions spéciales ; le mélange se compose principalement de coke broyé peu cendreux et d'une certaine proportion de graphite, agglomérés par du goudron à très haute pression (presses hydrauliques) ; les briques sont grillées dans des fours de construction particulière à température très élevée.

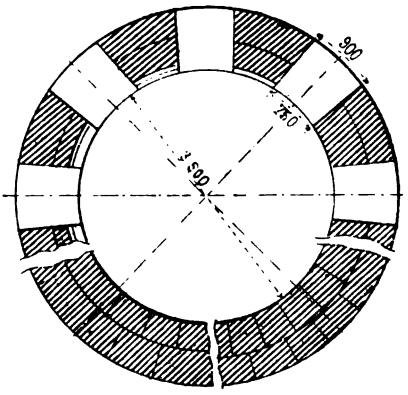
(1) Voir ***Bulletin de la Société de l'Industrie minérale***, 2e livraison, 1892, et *Traité de métallurgie*, de LEDEBUR, édition française. Vol. I, p. 433.

Fig. 6. — HAUT - FOURNEAU

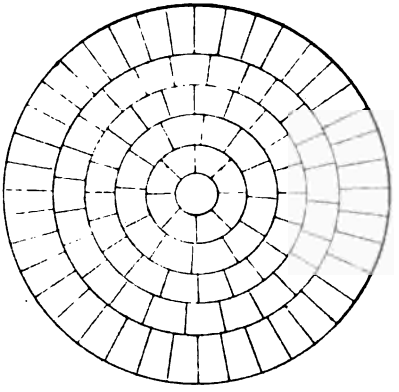
garni en briques de carbone " BIRSCHEL & RITTER "



Vue en dessus



Coupes horizontales

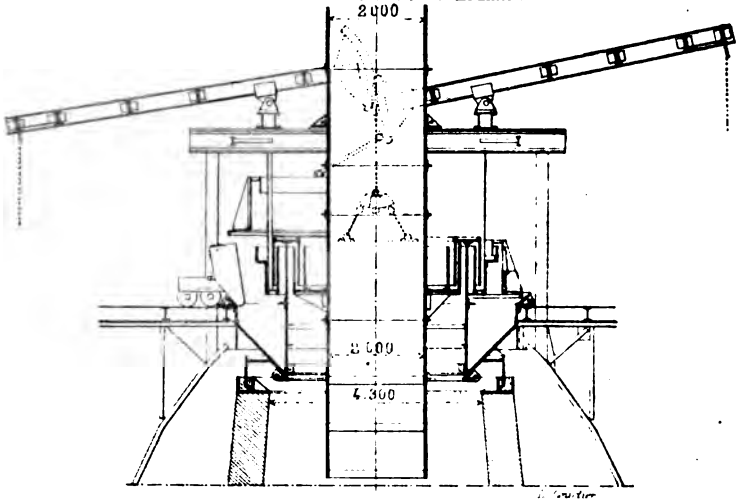


Appareillage des briques de sole

L'appareillage des briques de carbone est indiqué par le dessin ci-contre *(fig. 6)*, appliqué à un fourneau de 3 500 *mm* au creuset et 6 800 *mm* au ventre; la sole du creuset se compose de deux rangs de 650 *mm* d'épaisseur; l'enveloppe en tôle doit être rivée simplement, sans aucun cerclage, refroidie à l'extérieur et tenue toujours en état de propreté, de façon à avoir un refroidissement régulier et complet; les percées sont ainsi complètement évitées.

Les briques de carbone ne s'emploient que pour le creuset, l'ouvrage et les étalages jusqu'au ventre, la cuve étant en briques ordinaires; il est utile d'avoir au début, pour la mise en feu, un lit de fusion cru; la scorie recouvre et protège les briques qui

Fig. 7. — APPAREIL DE CHARGEMENT ET PRISE DE GAZ
des usines BUDERUS-WETZLAR.



restent ensuite absolument indifférentes; les joints doivent être aussi exacts que possible et faits avec un mortier spécial graphiteux livré avec les briques (1).

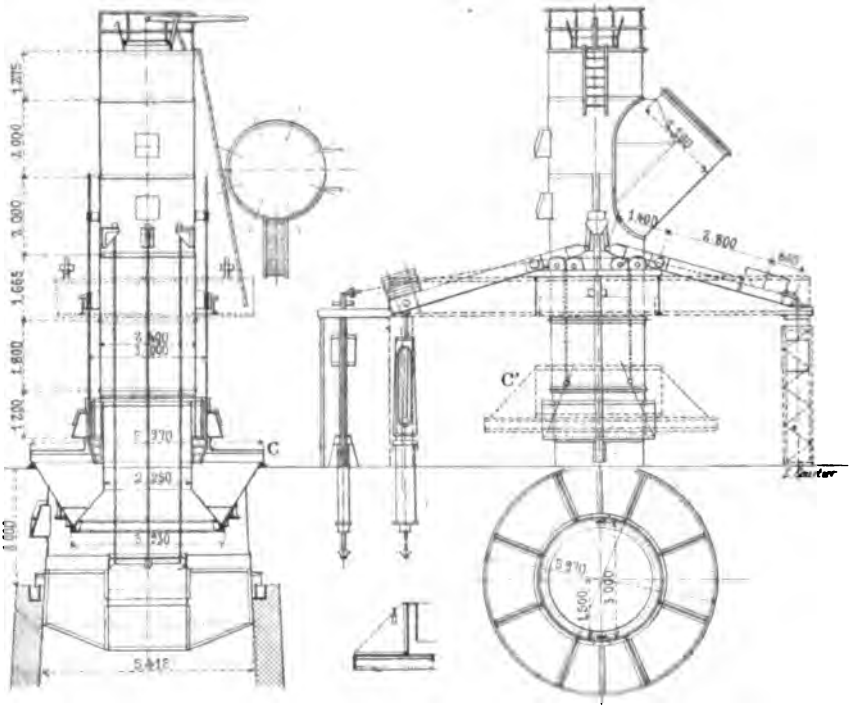
Les usines westphaliennes qui ont jusqu'à présent appliqué les briques de carbone Birschel et Ritter avec succès, autant que permet d'en juger la durée relativement restreinte des essais faits, sont celles de Rheinhausen (trois hauts fourneaux) et de Johanneshütte, près Duisburg (usines Krupp), du Deutcher Kaiser, à Bruckhausen, du Phœnix, à Bergeborbeck et de

(1) Les briques de carbone sont employées aussi pour les chambres de plomb dans les fabriques d'acide sulfurique, pour fours de fusion de cuivre et surtout pour de petits tuyaux dans diverses industries chimiques.

Thyssen et Cie, à Meiderich; ces derniers fourneaux sont en construction.

Comme *appareils de chargement*, nous donnerons encore le dessin d'une fermeture double, système Buderus-Wetzlar *(fig. 7)*, basée sur le même principe que celle déjà mentionnée dans notre étude sur l'Exposition (Bulletin de juillet 1902, page 32), mais appliquée à une cloche remontante, genre Langen, et par suite plus

Fig. 8. — APPAREIL DE CHARGEMENT ET PRISE DE GAZ à DUDELANGE (Luxembourg)



C Couvercle fermé

C Couvercle soulevé pendant le chargement dans la trémie du cupand cone

Coupe Plan du couvercle mobile C

compliquée que la première; cette construction est brevetée aux usines Buderus et exécutée par la maison H. Staehler, de Weidenau; ces constructeurs nous ont communiqué aussi les dessins de la prise de gaz à fermeture double installée par eux au haut fourneau n° 6 de Dudelange et appliquée à un *cup-and-cone* avec prise de gaz centrale *(fig. 8)*.

Ces appareils, destinés à éviter les pertes de gaz pendant les

chargements, doivent être aujourd'hui pris en considération beaucoup plus que par le passé, étant donnée l'utilisation des gaz pour la force motrice et l'économie qui en résulte, ainsi que nous le verrons plus loin.

Pour élever les matières au gueulard des fourneaux, on utilise encore presque partout les *monte-charges* verticaux à vapeur, tantôt avec machines réversibles à tambour (treuils), tantôt avec cylindres, genre Armstrong; ces derniers ont été surtout exécutés dans de nombreuses usines par les ateliers Ehrhardt et Sehmer, et notamment aux hauts fourneaux de Hœrde (1900 et 1902), au nombre de six. Le dernier installé a une hauteur utile de 30,50 *m* avec pression de vapeur de 2,5 à 3,5 *kg*; la charge utile élevée est de 1 200 à 2 400 *kg*; le même constructeur a fourni ces appareils à Gutehoffnungshütte (9 monte-charges), aux usines Hœsch (3), à l'usine Union-Dortmund (6), aux usines Phœnix (2), à Burbach (6), aux usines Rœchling-Vœlklingen (4), Bœcking-Halbergerhütte (4), Differdange (4), etc. Le nouveau haut fourneau n° IV des usines Hœsch est desservi par un monte-charges *électrique* disposé en plan incliné; ceux de Rombas (Lorraine) sont tous établis d'après ce système, tandis qu'à Differdange (Luxembourg) le minerai est pris dans les réservoirs et amené par wagonnets sur un câble aérien (système Bleichert), jusqu'aux voies suspendues contournant les gueulards, tandis que le coke seul est amené par monte-charges verticaux à vapeur Ehrhardt et Sehmer.

En ce qui concerne les *machines soufflantes* à vapeur pour hauts-fourneaux, nous n'avons à signaler aucun perfectionnement saillant: c'est le type horizontal et Compound qui est utilisé depuis longtemps de préférence; toutefois, aux nouveaux fourneaux Krupp, à Rheinhausen, on trouve quatre souffleries verticales Compound (construction de Grafenstaden-Mulhouse) fournissant le vent à une pression de 45 *cm* Hg, qui se trouve réduite aux tuyères, après le passage des appareils Cowper, à 38 *cm*; ces souffleries sont réunies à une condensation centrale, système Weiss.

Les machines verticales sont surtout construites en Allemagne par les ateliers de Bayenthal-Cologne (1) connus pour cette spécialité.

(1) Voir notre étude sur la sidérurgie en Haute-Silésie. *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale de Saint-Étienne*, 2e livraison 1894, dessins de souffleries verticales des ateliers de Bayenthal et autres, et d'une soufflante horizontale, construction Hartmann-Chemnitz.

Dimensions de quelques machines soufflantes pour hauts-fourneaux, en Westphalie.

Construites par la Société de Construction de Siegen, anciennement Œchelhæuser.

	DÉSIGNATION DES USINES	DIAMETRES DES CYLINDRES à vapeur haute pression	DIAMETRES DES CYLINDRES à vapeur basse pression	DIAMETRES DES CYLINDRES à vent	COURSE	AIR ASPIRÉ par MINUTE	PRESSION du VENT	OBSERVATIONS
		mm	*mm*	*mm*	*mm*	m^3	*kg*	
1	Niederrheinische Hütte à Duisburg Hochf. . . .	1 000	1 500	2 200	1 500	755 à 1 150	0,3 à 0,7	Compound horizontale, distrib. à soupapes de précision.
2	Usines Hoesch à Dortmund	1 000	1 500	1 900	1 500	550 à 850	0,5 à 1,0	— — (2 machines fournies).
3	— —	1 150	1 650	2 250	1 600	800 à 1 250	0,5 à 1,0	— — distrib. à soupapes de précision (2 mach.).
4	Société de Schalke, usine Vulkan à Duisburg. .	1 100	1 600	2 200	1 500	900 à 1 150	0,4 à 0,75	— — soupapes (2 mach.).
5	Usines de Hoerde à Hœrde, en Westphalie. . .	1 000	1 500	2 000	1 600	600 à 1 000	0,5 à 0,9	— — distrib. à soupapes de précision (2 mach.).
6	Usines Buderus, près Burgsolms.	900	1 300	1 800	1 300	400 à 650	0,3 à 0,5	— — distrib. à soupapes de précision (2 mach.).
7	Charlottenhütte à Niederschelden	1 000	1 400	2 000	1 500	600 à 900	0,3 à 0,5	— — soupapes.
8	Usines de Wissen à Brückhöfe.	1 000	1 500	2 200	1 500	750 à 1 150	0.3 à 0,7	— — robinets Corliss.
9	Société Phœnix hauts fourneaux de Kupferdreh. .	950	1 400	1 900	1 500	550 à 850	0,4 à 0,75	— — distrib. à soupapes de précision.
10	— — Bergeborbeck.	1 100	1 650	2 200	1 500	800 à 1 150	0,5 à 0,75	— — distrib. à soupapes de précision.
11	Usines d'Ilsede, près Hanovre.	1 000	1 400	1 800	1 500	500 à 700	0,4 à 0,5	— — soupapes.
12	— — —	1 050	1 500	1 900	1 500	550 à 850	0,5 à 0,6	— — —
13	— — —	1 100	1 650	2 100	1 500	750 à 1 000	0,5 à 0,6	— — —
14	Friedrich-Wilhelmshütte (Siegen)	900	1 300	1 800	1 300	400 à 700	0,3 à 0,6	— — distrib. à soupapes de précision.
15	Hauts fourneaux de Rombach (Lorraine)	1 000	1 500	2 200	1 500	750 à 1 150	0,3 à 0,7	— — robinets Corliss (2 machines).

Les constructeurs principaux de soufflerie horizontales à vapeur sont : Ehrhardt et Sehmer, à Schleifmühle-Sarrebrück, les ateliers de Siegen, la Märkische Maschinenfabrik, à Wetter.

Les usines de Gutehoffnungshütte, à Oberhausen, exécutent elles-mêmes les cylindres soufflants pour les soufflerie à gaz qui leur sont fournies par d'autres constructeurs; elles disposent entre autres de quatre soufflerie à vapeur de 1 000 *ch* chacune, desservies par condensation centrale, tandis qu'à côté de ces machines à vapeur, on a installé la soufflerie avec moteur Otto-Deutz de 1 000 *ch*, ayant figuré à l'Exposition, puis deux soufflerie avec moteurs Kœrting à deux temps de 500 *ch* chacun, aspirant chacune, à 135 tours, 450 m^3 d'air par minute.

Nous indiquerons pour mémoire quelques dimensions de machines soufflantes pour hauts fourneaux sortant des ateliers de Siegen (voir tableau page 112).

Il ressort de ce tableau que la construction des soufflerie a suivi les progrès accomplis dans la production des hauts fourneaux et que les cylindres soufflants de plus de 2 *m* de diamètre sont fréquemment employés; les quantités de vent par machine atteignent normalement de 700 à 1 000 m^3, le maximum est de 1 250 m^3 (usines Hoesch-Dortmund), tandis que la pression peut monter à 1 *kg*. Une soufflerie de 1 000 m^3 répond presque exactement à un fourneau de 250 *t* par vingt-quatre heures, si l'on admet 6 m^3 d'air aspiré par 1 *kg* de coke. Pour le grand fourneau de 500 *t* de Bruckhausen, il faudrait donc une soufflante de 2 000 m^3 d'air par minute; toutefois, on préfère ne pas dépasser par machine le chiffre de 1 000 à 1 250 m^3 et construire deux machines, dont l'une peut toujours servir de réserve en cas d'accident.

Nous indiquerons encore quelques soufflerie sortant des ateliers Ehrhardt et Sehmer, mais fournies notamment en Lorraine (voir tableau, page 114).

La liste complète des soufflerie pour hauts fourneaux livrées à ce jour par ces ateliers comprend vingt-neuf machines presque toutes du type de 500 à 700 m^3, mais ne dépassant pas 1 210 m^3; la course est généralement de 1 300 *mm*.

Pour ce qui est des *clapets*, on dispose aujourd'hui de nombreux types plus ou moins préconisés par les inventeurs; à côté des petits clapets de la Société Alsacienne et des soupapes Hœrbiger, on trouve les soupapes Stumpf actionnées par le piston au refoulement, les robinets Corliss, etc. Ces clapets métalliques doivent

être employés lorsque la pression de vent dépasse 0,5 *kg*, mais en-dessous les clapets simples, en cuir ou en feutre garni de forte toile, sont toujours applicables avec avantage et fonctionnent parfaitement jusqu'à 90 tours.

La maison Ehrhardt et Sehmer construit, depuis un certain temps déjà, des clapets métalliques annulaires, les clapets d'aspiration et de refoulement étant montés sur un même axe dans la boite à vent entourant l'extrémité du cylindre ; cette disposition présente l'avantage d'une faible levée avec grandes sections et, par suite, des pertes de charge réduites à un minimum.

Soufflerles pour hauts fourneaux

des ateliers Ehrhardt et Sehmer, de Schleifmühle-Sarrebrück.

	DÉSIGNATION DES USINES	NOMBRE de machines	AIR ASPIRÉ PAR MINUTE	PRESSION DU VENT	OBSERVATIONS
			m^3	*kg*	
1	Usines Hœsch, à Dortmund	2	503 à 676	0,55 à 1,0	livrée en 1895.
2	Hauts fourneaux d'Eschweiler Pumpe.	1	500 à 700	0,2 à 0,5	— 1893.
3	Hauts fourneaux de Maizières (Lorraine) . . .	1	500 à 700	0,2 à 0,5	— 1887.
4	Röchling frères, à Völklingen	1	500 à 700	0,2 à 0,5	— 1887.
5	Röchling frères, à Völklingen	3	1 039 à 1 210	0,4	— 1896 et 1897.
6	Usines de Burbach, près Sarrebrück	2	500 à 700	0,2 à 0,5	— 1893 et 1894.
7	Differdange (Luxembourg)	1	1 000 à 1 130	0,5 à 1,0	réserve pour les soufflerles à gaz (1899).

V. — Utilisation des gaz de hauts fourneaux.

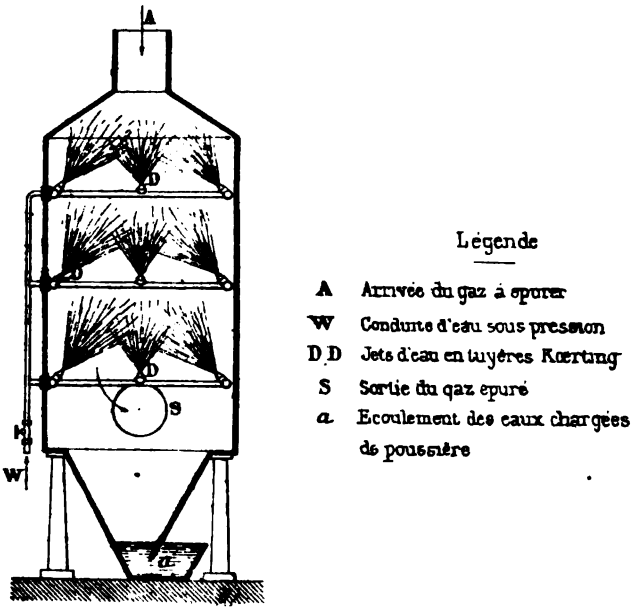
Eu égard à l'importance économique que présente cette question toute d'actualité, nous avons jugé utile d'en faire l'objet d'un chapitre spécial, et cela d'autant plus que c'est en Westphalie que nous trouvons les types de moteurs à gaz les plus variés ; c'est, par contre, à Differdange et à Dudelange, dans le Luxembourg, que l'on a fait les premières installations en grand, décrites du reste déjà dans divers rapports et publications.

Épuration des gaz de hauts fourneaux

On rencontre dans les usines westphaliennes tous les systèmes d'épuration, depuis les appareils à simple injection d'eau, les scrubbers à coke, les filtres à sciure de bois, jusqu'aux ventilateurs Schiele et, enfin, l'appareil Theisen.

Aux usines d'Oberhausen, où on épurait à l'aide de tuyauteries coûteuses et compliquées suivies de scrubbers et de caisses à filtrer, on a récemment adopté le ventilateur ; à Ilsede-Hanovre,

Fig. 9. — Épurateur simple pour gaz de hauts fourneaux destinés aux appareils Cowper ou aux chaudières. Construction Koerting Frères.

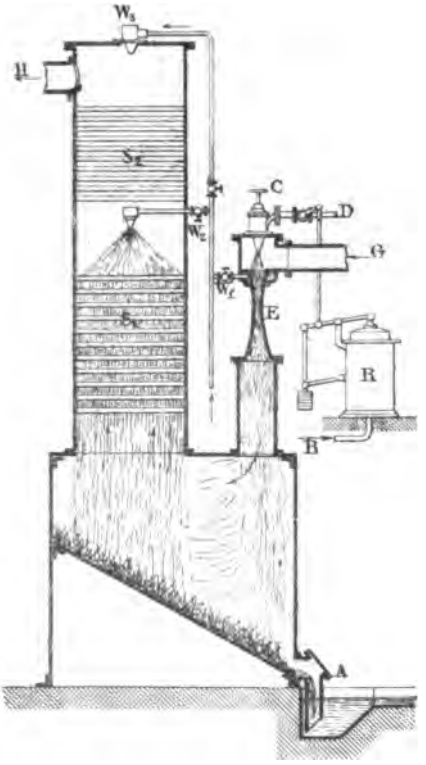


puis à Gelsenkirchen (Société de Schalke) et à Hochdahl, près Dusseldorf, on a installé des appareils Theisen, tandis qu'un de ces appareils, de construction ancienne toutefois, fonctionne depuis longtemps à Hoerde. Sans entrer ici dans plus de détails, nous rappellerons qu'avec un ventilateur Schiele et injection d'eau à 1 *kg* de pression on obtient une épuration à 0,3 *gr* de poussière par mètre cube de gaz; avec deux ventilateurs conjugués, cette épuration est de 0,1 *gr* environ. Ce degré d'épuration

peut paraître suffisant même pour les moteurs, et pour le dépasser il faudrait se servir de filtres. L'appareil Theisen donne une épuration parfaite à 0,004 *gr*, mais le prix en est très élevé et les essais faits ne s'appliquent pas encore à une période suffisante pour permettre une conclusion pratique définitive.

La maison Koerting a, d'autre part, préconisé la simple injection d'eau pour épurer les gaz destinés aux appareils Cowper *(fig. 9)*, et augmente l'épuration pour les gaz destinés à des moteurs à gaz en mélangeant intimement l'eau, la vapeur d'injection

Fig. 10. — ÉPURATEUR POUR GAZ DE HAUTS FOURNEAUX destinés à des moteurs. — Construction KŒRTING Frères.



Légende

E Exhausteur Koerting à jet de vapeur
G Arrivée du gaz à épurer
D Conduite de vapeur avec valve réglant la vapeur automatiquement
R Régulateur du jet de vapeur
B Arrivée du gaz au régulateur R
S_1 Tamis arroses
S_2 Tamis secs pour arrêter les eaux entraînées par le gaz, ces tamis peuvent être arrosés à volonté
H Gaz allant au moteur
A Ecoulement des eaux chargées de poussières
W Conduites d'eau sous pression

et le gaz à traiter dans un éjecteur Koerting *(fig. 10)*. Une installation complète basée sur ce principe fonctionne à la Niederrheinische Hütte à Duisburg-Hochfeld pour un moteur Koerting à deux temps actionnant un cylindre soufflant *(Pl. 48, fig. 1 à 4)*. Les gaz bruts provenant des fourneaux contiennent encore de

15 à 20 *gr* de poussière par mètre cube; cette haute teneur est due à ce que l'usine n'a pas d'épurateur à sec. En sortant du premier épurateur (réservoir avec injecteur à vapeur et eau) cette teneur est réduite à 0,15 *gr*; c'est donc à peu près le degré de pureté obtenu avec deux ventilateurs conjugués.

Après les scrubbers à coke, les poussières sont réduites à 0,10 *gr*; après les filtres à sciure de bois, il n'y en a plus que 0,05.

Ce résultat est évidemment excellent pour le fonctionnement de la machine, mais nous pensons préférable de chercher à épurer dans un ou deux appareils mécaniques, afin de supprimer les filtres, ceux-ci ne fonctionnant bien que pour des quantités réduites de gaz et donnant lieu à des nettoyages continuels; quant aux scrubbers, ils peuvent être supprimés dans l'installation ci-dessus, ne paraissant d'aucune utilité.

Moteurs a gaz.

Nous avons fourni précédemment des indications sur les moteurs à gaz construits en Allemagne (Bulletin de juillet 1902, pages 47 à 54), mais croyons devoir les compléter aujourd'hui.

Nous donnons tout d'abord (page 119) une liste des principaux moteurs à quatre temps de la maison *Otto-Deutz*, de laquelle il ressort que ces ateliers ont livré à ce jour soixante-neuf moteurs d'une force totale de 20 335 *ch* (voir les dessins des moteurs Otto-Deutz. Bulletin de juillet 1902, planche 31).

C'est l'usine d'Oberhausen qui en possède le plus grand nombre (huit moteurs fournissant 4 200 *ch*), puis vient Dudelange avec 3 200 *ch*; Hoerde avec 2 000, etc.

Parmi les moteurs à quatre temps, c'est cependant celui de *Delamare-Cockerill* qui a pris le plus d'extension; la liste que nous avons dressée, d'après renseignements fournis, comprend, en effet, soixante-huit moteurs d'une force totale de 38 200 *ch* (1).

C'est la maison Cockerill qui a contribué puissamment au développement des moteurs à gaz de hauts fourneaux et a préconisé surtout les machines de grande puissance, ainsi qu'il ressort du tableau ci-contre. Nous distinguons dans la liste les catégories suivantes :

(1) Une liste plus récente encore qui nous a été transmise après coup, en janvier 1902, indique pour les moteurs à gaz Delamare-Cockerill, soixante-treize moteurs d'une force totale de 41 800 *ch*.

2 moteurs	relativement petits de	100 *ch*	répondant à	200 *ch*
16 —	à 1 seul cylindre de	200	—	3 200
2 —	— —	300	—	600
38 —	à 1 et à 2 cylindres de	600	—	22 800
1 —	à 4 cylindres —	600	—	600
7 —	à 2 cylindres —	1 200	—	8 400
Soit : 66 moteurs	à quatre temps et simple effet représentant			35 800 *ch*
Plus : 2 —	— à double effet de 1 200 *ch* soit :			2 400
Total : 68 moteurs	Delamare-Cockerill d'une force totale de			68 200 *ch*

Si l'on tient compte du développement pris par le moteur à gaz, en Allemagne, nous trouvons cependant que ce pays n'a que relativement peu de moteurs Cockerill; en effet, ces moteurs se répartissent comme suit dans les divers pays :

Allemagne. .	13 moteurs représentant	11 000 *ch*,	force moyenne	840 *ch*
Luxembourg.	11 —	6 600	—	600
Autriche. . .	5 —	2 000	—	400
France . . .	12 —	6 200	—	515
Belgique. . .	10 —	5 800	—	580

Les chiffres indiqués (voir Bulletin de juillet 1902, page 51) pour les anciens moteurs à quatre temps Delamare-Cockerill par la maison Klein frères étaient très défavorables au point de vue du poids des machines; nous tenons à observer que les constructions plus récentes sont beaucoup plus légères; c'est ainsi que le moteur Cockerill double tandem à simple effet de 600 *ch*, pèse. . . . . 57 500 *kg*

le volant 12 000

d'où poids total . . . . 69 500 *kg*

le degré d'irrégularité étant de 1/150.

Un autre type de moteur à quatre temps que nous n'avons pas encore mentionné est celui des ateliers de *Nuremberg*.

La liste des moteurs de Nuremberg fournis ou en construction à ce jour comprend en tout 92 machines d'une force totale de 14 190 *ch* (voir le tableau, page 123).

De leur côté *Koerting frères*, de Hanovre, construisent, depuis longtemps aussi, des moteurs à gaz à *quatre temps*, et ont fourni à ce jour 170 machines d'une force totale de 11 000 *ch*, dont

Nomenclature des principaux moteurs de grande dimension à quatre temps
livrés par les ateliers **Otto-Deutz,** *près Cologne.*

	DÉSIGNATION DES USINES ET ÉTABLISSEMENTS OU LES MOTEURS FONCTIONNENT	NOMBRE de MOTEURS	FORCE EN CHEVAUX EFFECTIFS par moteur	FORCE EN CHEVAUX EFFECTIFS totale	OBSERVATIONS
1	Hauts fourneaux de Rombach (Lorraine)	1	25	25	Au gaz de haut fourneau pour électricité.
2	Usines de Friedenshütte, en Haute-Silésie	2	200	400	Id. Id.
3	Id. Id.	2	300	600	Id. Id.
4	Usines Gutehoffnungshütte, à Oberhausen	1	600	600	Tous ces moteurs au gaz de haut fourneau et
5	Id. Id.	4	500	2 000	accouplés à des dynamos.
6	Id. Id.	2	300	600	Les moteurs plus petits ne sont pas indiqués.
7	Id. Id.	1	1 000	1 000	Soufflerie à 4 cyl. de l'Exposition de Dusseldorf.
8	Usines de Dudelange (Luxembourg)	2	600	1 200	Fonctionnant au gaz de haut fourneau pour
9	Id. Id.	2	1 000	2 000	électricité.
10	Société de Hoerde, à Hoerde	2	1 000	2 000	Placés dans la station centrale d'électricité de l'usine avec 3 mot. Oechelhauser de 600 *ch*.
11	Usines Hœsch, à Dortmund	2	300	600	Gaz de haut fourneau pour électricité.
12	Hauts fourneaux d'Aumetz-Paix, à Knuttange (Lorraine)	1	500	500	Gaz de haut fourneau avec soufflerie à 2 cyl.
13	Usines de Burbach, près Sarrebrück	2	600	1 200	Gaz de haut fourneau.
14	Usines à coke de Sleswig-Holstein, à Rendsburg	3	225	675	Au gaz de fours à coke pour électricité.
15	R. Bœcking et Cie, Halberg, près Sarrebrück	2	350	700	Gaz de haut fourneau pour électricité.
16	Société de Métallurgie Duro-Felguera (Espagne)	1	600	600	Gaz de haut fourneau.
17	Usines de Kischtime, Oural du Nord	2	500	1 000	Au gaz de hauts fourneaux au charbon de bois
18	Id. Id.	2	250	500	en partie pour électricité et en partie pour
19	Id. Id.	2	150	300	soufflerie (250 *ch*).
20	Société de Gelsenkirchen, en Westphalie	1	125	125	Au gaz de fours à coke pour électricité.
21	Station électrique de la ville de Bâle	1	400	400	Au gaz de gazogène pour électricité.
22	Divers moteurs de 25 à 300 *ch*	31	»	3 310	Au gaz de gazogène ou d'éclairage pr électricité.
	TOTAL	69		20 335	

Nomenclature des moteurs Delamare-Cockerill

construits ou en commande au 1er novembre 1902.

	DÉSIGNATION DES USINES ET ÉTABLISSEMENTS où les moteurs fonctionnent	NOMBRE	FORCE EN CHEVAUX EFFECTIFS par moteur	FORCE EN CHEVAUX EFFECTIFS TOTALE	CONSTRUCTEURS	OBSERVATIONS
1	Usines Cockerill, à Seraing	2	200	400	J. Cockerill, Seraing	1 cyl. pr électricité, construits en 1898 et 1902.
2	Usines Rœchling, Carlshütte	1	200	200	Id.	Id. en 1899.
3	Société Duro-Felguera (Espagne).	1	200	200	Sté Alsacienne, Mulh.	1 cylindre avec soufflerie (fin 1902).
4	Id. Id.	2	200	400	Id.	1 cylindre pour électricité.
5	Yorkshire Iron and Coal Co, limited	2	200	400	Richards. Westgarth, Middlesbrough.	1 cylindre avec soufflerie, en construction.
6	Société minière de l'Ile d'Elbe.	3	200	600	Mark. Maschfbk. Wetter.	1 cylindre pour électricité (1902).
7	Hauts fourneaux de Pont-à-Mousson	1	200	200	Ateliers du Creusot.	2 cylindres tandem pour électricité (1902).
8	Schneider et Cie, usines de Champagne. . . .	3	200	600	Id.	2 cylindres tandem en construction.
9	Puits Caroline, Ostrau (Moravie).	1	200	200	Breitfeld Danek, Prag	2 cylindres jumelés pour électricité (1902).
10	Boehmische Montanges. Königshof.	2	300	600	Id.	2 cyl. tandem pr électricité (1900 et 1902).
11	Usines de Differdange (Luxembourg).	4	600	2 400	J. Cockerill, Seraing	1 cylindre avec soufflerie (1899-1901).
12	Id. Id.	1	600	600	Breitfeld Danek, Prag	Id. (1901).
13	Id. Id.	4	600	2 400	J. Cockerill, Seraing	1 cyl. avec dyn., l'une avec soufflerie à volonté.
14	Usines Cockerill, à Seraing	2	600	1 200	Id.	1 cyl. avec souffl. (l'une figurait à Paris, 1900).
15	Aumetz-Paix (Lorraine)	1	600	600	Id.	1 cylindre dynamo ou soufflerie à volonté.
16	Rheinische Stahlwerke, à Meiderich	1	600	600	Id.	1 cylindre pour électricité (mars 1901).
17	Usines Rœchling, à Vœlklingen	2	600	1 200	Id.	1 cylindre avec soufflerie (1902).

18	Cochrane and Cº, Middlesbrough.	1	600	600	J. Cockerill, Seraing	1 cylindre avec soufflerie (novembre 1901).
19	Société Ougrée-Marihaye, à Ougrée	3	600	1 800	Id.	1 cyl. l'une avec dyn. et deux avec souffl.
20	Aachener Hüttenverein, Esch. (Luxembourg) . .	2	600	1 200	Id.	1 cylindre avec soufflerie.
21	Usine Cockerill, à Seraing	2	600	1 200	Id.	2 cylindres tandem pour électricité.
22	Société minière de l'île d'Elbe.	1	600	600	Mark. Maschf. Wetter.	1 cylindre avec soufflerie (1902).
23	Id. Id.	1	600	600	Breitfeld Danek, Prag	Id.
24	Cargo fleet Iron Cº (Angleterre)	3	600	1 800	Rich. Westgarth et Cº	1 cylindre avec soufflerie en construction.
25	Usine de Wendel, à Hayange (Lorraine) et Jœuf.	4	600	2 400	Sté Alsacienne, Mulh.	Id. (fin 1902).
26	Id. à Jœuf (Meurthe-et-Moselle). .	1	600	600	Ateliers du Creusot.	Id. en construction.
27	Schneider et Cie, à Cette	2	600	1 200	Id.	Id. (octobre 1902).
28	Société Châtillon-Commentry, à Neuves-Maisons.	2	600	1 200	Sté Alsacienne, Mulh.	1 cylindre avec dynamo (fin 1902).
29	Prager Eisenindustrie, à Kladno (Bohême) . . .	1	600	600	Breitfeld Danek, Prag	4 cyl. double tandem pour électricité (1901).
30	Böhm. Montanges. Königshof	1	600	600	Id.	1 cylindre avec soufflerie (1901).
31	Usines Rœchling, Carlshütte	1	1 200	1 200	J. Cockerill, Seraing	2 cylindres tandem avec soufflerie.
32	Id. Carlshütte et Vœlklingen . . .	3	1 200	3 600	Mark. Masch. Wetter.	Id.
33	Usines de Wendel, à Hayange.	2	1 200	2 400	Sté Alsacienne, Mulh.	2 cylindres tandem avec dynamo (fin 1902).
34	Id. à Jœuf.	1	1 200	1 200	Ateliers du Creusot.	Id. en constr.
35	Usine Cockerill, à Seraing.	1	1 200	1 200	J. Cockerill, Seraing	1 cyl. double effet avec soufflerie, en constr.
36	Société Ougrée-Marihaye, à Ougrée	1	1 200	1 200	Id.	2 cyl. d. effet tandem avec souffl., en comm.
		66		38 000		
37	de Wendel et Cockerill.	2	100	200	J. Cockerill, Seraing	1 cyl. l'un pour pompe, un autre pour dynamo.
	TOTAL.	68		38 200		

quatre seulement fonctionnent au gaz de haut fourneau (voir page 124).

Si nous passons maintenant aux *moteurs à deux temps*, nous n'en rencontrons que deux types déjà décrits (*Bulletin* de juillet 1902).

Le moteur *Œchelhœuser* est représenté à ce jour par 31 machines dont la plus petite est de 250 *ch*, la plus forte de 1 000 *ch*, et qui fournissent en tout 18 250 *ch*, ainsi que l'indique la nomenclature ci-jointe (voir page 129).

Quant au moteur *Koerting à deux temps*, il ne se construit pas rationnellement en dessous de 250 *ch*; la liste complète que nous donnons ci-contre comporte en tout 58 moteurs d'une force totale de 63 400 *ch*, toutefois dans ces chiffres sont comprises 26 machines pour 42 000 *ch* construites en Amérique, il ne reste donc pour l'Europe que 33 moteurs avec 21 400 *ch*.

Le moteur Koerting à deux temps avec soufflerie installé à la Niederrheinische Hütte, à Duisburg-Hochfeld, est en marche depuis plus de huit mois et a fonctionné pendant des périodes de trois et quatre semaines sans arrêt.

La direction de l'usine indique les consommations d'huile suivantes :

Huile spéciale pour le cylindre	8,70 *kg*
— pour graissage proprement dit de la machine.	3,00
— pour le cylindre soufflant.	3,00
Huile totale par 24 heures.	14,70 *kg*

La machine développant 500 *ch* en marche normale, cette consommation répond à 0,613 *kg* par heure, soit à *1,22 g* par cheval-heure.

Cette consommation paraît excessivement faible, si on la compare à celles obtenues précédemment avec d'autres systèmes et avec gaz insuffisamment épurés et qui dépassaient 10 *g* par cheval-heure. On prévoit à Duisburg-Hochfeld, avec gaz épuré à 0,05 *g* par mètre cube, la possibilité d'une marche normale sans nettoyage des distributions ni usures appréciables, pendant deux années; quant à l'élasticité du moteur, elle est remarquable en ce sens que par la simple modification de la proportion de gaz, on obtient une allure régulière, variable entre 25 et 110 tours par minute, suivant la pression de vent à obtenir; ces résultats,

Nomenclature des Moteurs à gaz des ateliers de Nuremberg

Construits ou en commande le 1er octobre 1902.

	DÉSIGNATION DES USINES ET ÉTABLISSEMENTS	NOMBRE	FORCE EN CHEVAUX EFFECTIFS		OBSERVATIONS
			par moteur	totale	
1	Station d'essais techniques à Neubabelsberg. . .	1	30	30	Actionne un laminoir et fonctionne au gaz d'éclairage.
2	Usines Rœchling, Carlshütte (Lorraine).	1	40	40	Le premier moteur Nürnberg au gaz de haut fourneau pour électricité, courant alternatif.
3	Fr. Krupp, à Essen.	1	45	45	Gaz de haut fourneau pour électricité.
4	Usines Stumm, à Neunkirchen	1	180	180	Soufflerie au gaz de fours à coke.
5	Usine de désargentation, à Hoboken	1	250	250	Gaz de gazogène pour électricité.
6	Fr. Krupp, à Essen.	1	450	450	Alternant au gaz d'éclairage et de haut fourneau, actionne un laminoir.
7	Usines Rœchling, à Vœlklingen	1	600	600	Gaz de haut fourneau pour électricité, court alternatif.
8	Id. à Carlshütte	1	600	600	Id. Id. Id.
9	Aumetz-Paix, à Knuttauge	1	700	700	Id. Id. court continu.
10	Rheinische Stahlwerke-Meiderich	1	800	800	Id. pr éclairage et transport de force.
11	Usines Phœnix, à Laar-Ruhrort.	2	800	1 600	Id. pr transport de force, ct alternatif.
12	Usines de Rombach (Lorraine)	2	1 200	2 400	Id. Id. ct continu.
13	Usines de Burbach-Sarrebrück.	1	1 500	1 500	Nouveau moteur à 4 temps, double effet, en construction, pour laminoir.
	TOTAL.	15		9 195	
14	A ajouter une série de moteurs pr diverses industries de 20 à 350 *ch*.	77		4 995	Ces moteurs sont tous à 4 temps et de force variable, de 20 à 350 *ch*; ils sont actionnés au gaz de gazogène et au gaz d'éclairage; quelques-uns utilisent aussi du gaz à l'eau.
		92		14 190	

Nomenclature des principaux Moteurs Koerting à quatre temps.

	DÉSIGNATION DES USINES ET ÉTABLISSEMENTS	NOMBRE de moteurs LIVRÉS	FORCE par MOTEUR	FORCE TOTALE	OBSERVATIONS
	Moteurs au gaz de haut fourneau :				
1	Usine à cuivre de Mansfeld-Eisleben	2	125	250	1 cylindre, pour transport de force.
2	Donnersmarkhütte (Haute-Silésie).	1	100	100	1 Id. Id.
3	Id. Id.	1	600	600	4 cylindres à quatre temps, installée en 1900.
	Moteurs au gaz de fours à coke :				
4	Société Otto-Hilgenstock, à Bochum	1	80	80	Pour éclairage et transport de force électrique.
5	Id. Id.	1	60	60	Id. Id. Id.
6	F. Brunck, à Dortmund	2	50	100	Id. Id. Id.
	Au gaz de distillation de goudrons :				
7	Usines Riebeck, à Halle-sur-Saale	2	125	250	Gaz obtenu par distillation et récupération de goudrons de lignites.

	Au gaz pauvre de gazogènes :				
8	Usine électrique de Weimar.	1	200	200	
9	Id. Id.	2	100	200	
10	Id. Id.	1	60	60	
11	Usine électrique de Blanckenese.	1	125	125	
12	Id. Id.	1	250	250	Tous ces moteurs servent soit à l'éclairage électrique, soit à actionner des dynamos pour transport de force.
13	Usine électrique de Linden, près Hanovre.	1	100	100	
14	Id. Id.	2	60	120	
15	Fabriques de Haën, à Hanovre.	2	100	200	
16	Id. Id.	1	50	50	
17	Fonderies d'Isselburg.	1	80	80	
18	Id. Id.	1	40	40	
		24		2 860	Force moyenne par moteur : 115 *ch.*
19	Autres moteurs à quatre temps, à un cylindre, de 20 à 250 *ch.* actionnés au gaz de gazogène, au gaz d'éclairage, etc.	146		8 140	Force moyenne par moteur : 56 *ch.*
	D'où TOTAL de moteurs à quatre temps. . . .	170		11 000	

connus depuis le mois d'août 1902, ont évidemment contribué beaucoup à l'extension prise par les machines Koerting à deux temps.

Moteurs a quatre temps a double effet.

Les constructeurs cherchent toutefois une nouvelle solution dans une disposition se rapprochant complètement de la machine à vapeur à soupapes tout en maintenant le principe du moteur à quatre temps.

Nous donnons ci-joint la coupe du nouveau moteur en construction aux ateliers de *Deutz (fig. 11)*.

Les inconvénients de la visite intérieure du cylindre, que l'on reprochait aux moteurs Koerting à deux temps, n'existent plus, en réalité, avec gaz bien épurés ; aussi ces nouvelles machines sont-elles à cylindre fermé et munies de presse-étoupes à l'avant et à l'arrière ; le moteur ainsi compris est nécessairement moins lourd que la machine à quatre temps à simple effet ; le mélange de gaz reste constant d'après le principe des moteurs Koerting à quatre temps, en ce sens que ce mélange, une fois établi pour un pouvoir calorifique déterminé du gaz, le régulateur n'agit que sur la quantité de mélange à introduire par les soupapes d'admission placées à la partie supérieure.

L'un des moteurs en exécution à Deutz est à un seul cylindre double effet de 500 *ch*, le second fournira 1 000 *ch* mais avec cylindres jumelés, le type à cylindres opposés étant définitivement abandonné.

Le moteur de 1 000 *ch* a des cylindres de 825 *mm* de diamètre et 1 000 *mm* de course ; il fera 135 tours ; son encombrement est de 8 × 11 *m* et le poids total sera de 155 000 *kg* ; le volant compris dans ce chiffre pèsera 35 000 *kg* et le degré d'irrégularité sera de 1/200.

Une construction analogue est à l'étude aux ateliers *Cockerill-Seraing* (voir n[os] 35 et 36 de la nomenclature page 121) pour deux machines de 1 200 *ch* chacune ; le moteur à 2 cylindres tandem développera en réalité 1 450 *ch* effectifs, son poids sera de 130 000 *kg*

le volant pèsera 25 000

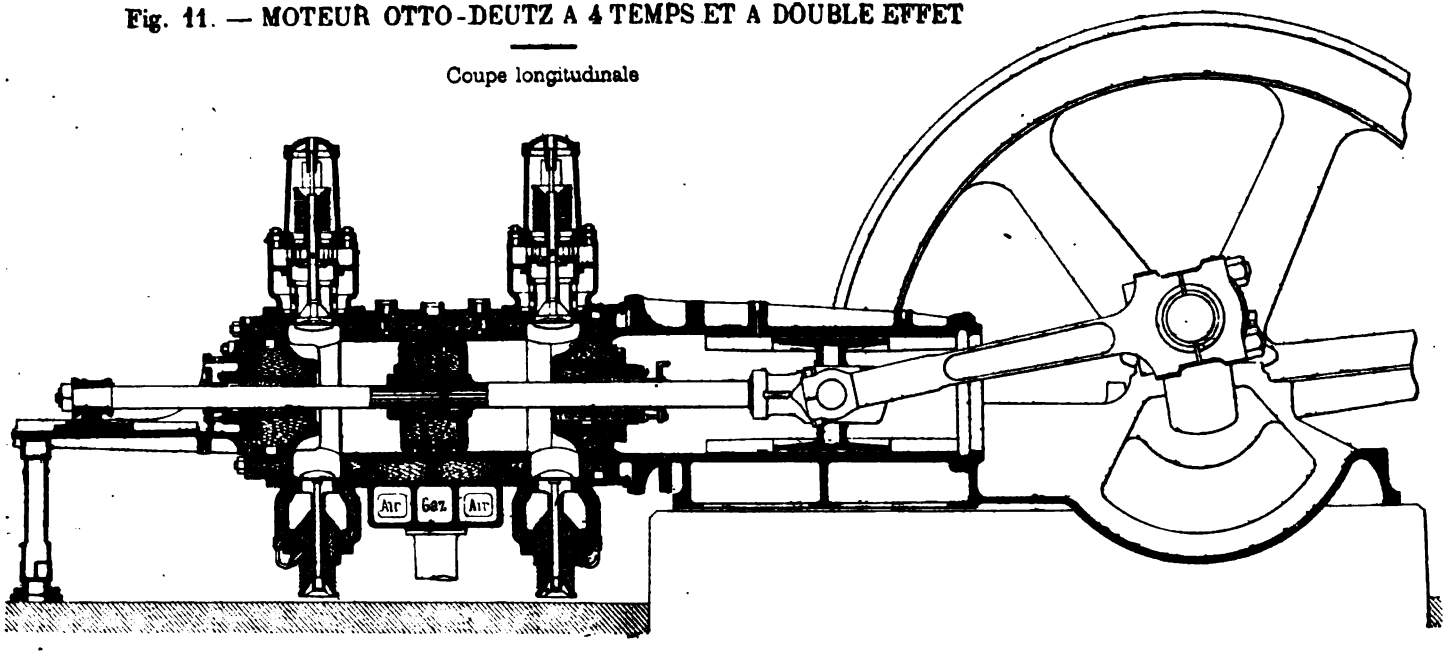
d'où poids total . . . . . 155 000 *kg*

et on prévoit un degré d'irrégularité de 1/150.

Les ateliers de *Nuremberg* construisent enfin une machine de ce type nouveau destinée aux laminoirs de Burbach, et devant

Fig. 11. — MOTEUR OTTO-DEUTZ A 4 TEMPS ET A DOUBLE EFFET

Coupe longitudinale



fournir 1 500 *ch*; ils attachent une grande importance aux presse-étoupes nécessaires avec cylindres fermés et qui doivent résister aux pressions de 25 à 30 *atm* produites lors des explosions, et perfectionnent le système, comme les usines Cockerill, en disposant deux cylindres double effet en tandem, ce qui permet d'avoir une explosion à chaque course et de réduire au minimum pratique les frottements et l'usure produite par les masses en mouvement; les couvercles des cylindres sont aménagés, d'autre part, de façon à pouvoir se déplacer sur les tiges de piston, sans démontage des parties essentielles de la distribution et les deux pistons peuvent être extraits des cylindres, l'un par l'avant, l'autre par l'arrière du moteur, en détachant les tiges réunies sur la glissière intermédiaire.

Cette machine étant basée sur le principe des glissières qui avait été abandonné, à tort croyons-nous, dans les moteurs à quatre temps, l'usure des cylindres et des presse-étoupes est réduite à un minimum, ces pièces n'ayant plus à subir que les frottements nécessaires à l'étanchéité. Comme consommation de gaz, les ateliers de Nuremberg prévoient, dès maintenant, pour ce nouveau moteur en pleine charge, en gaz :

de fours à coke de	4 000 calories	0,5	à 0,63 m^3	par cheval-heure;
de gazogène à	1 100 calories	1,8	à 2,3	—	—
de haut fourneau à	900 calories	2,25	à 2,75	—	—

Ces consommations se trouvent augmentées de 10 0/0 si le moteur n'est chargé qu'aux trois quarts et de 40 0/0 s'il ne travaille qu'à demi-charge.

Comme consommation d'eau pour le refroidissement, celle-ci devant enlever par cheval-heure 1 000 calories, on prévoit, avec eau à 15° s'écoulant à 35° environ, 40 à 50 *l* par cheval-heure, quantité pouvant être réduite sensiblement par l'emploi des refroidisseurs à cheminée (Balcke, Zschokke, etc.).

Pour le graissage, l'huile étant amenée sous pression de 0,5 *kg*, refroidie et réemployée, la quantité nécessaire est escomptée à 1,6-2,0 *g* par cheval-heure, ce qui répondrait à peu près aux chiffres indiqués pour le moteur Koerting à deux temps de Duisgurg-Hochfeld (1,22 *g*).

Notons, à cette occasion, qu'un moteur de Nuremberg, à quatre temps, mais à simple effet, actionne depuis quelques années déjà, un laminoir en Westphalie; cette machine a deux cylindres

Nomenclature des moteurs Oechelhæuser

Construits ou en commande au 1er décembre 1902.

	DÉSIGNATION DES USINES	NOMBRE	FORCE EN CHEVAUX par moteur	FORCE EN CHEVAUX totale	CONSTRUCTEURS	OBSERVATIONS
1	Aciéries de Hoerde.	3	600	1 800	Ateliers Berlin-Anhalt	Pour dynamos, station centrale.
2	Usines de Bergeborbeck	2	1 000	2 000	Ateliers d'Achersleben	Pour dynamos.
3	Usines d'Ilsede-Peine.	2	1 000	2 000	Id.	Id.
4	Id.	2	500	1 000	A. Borsig, à Berlin	Soufflerie s.
5	Id.	1	600	600	Ateliers de Bayenthal	Soufflerie (Exp. de Dusseldorf).
6	Société Alpine, à Vienne (Autriche)	1	1 000	1 000	Ateliers d'Andritz-Vienne	Pour dynamo.
7	Usines de l'État hongrois	1	1 000	1 000	L. Lang, à Budapest	Soufflerie.
8	Borsigwerk (Haute-Silésie)	1	500	500	A. Borsig, à Berlin	Id.
9	Id.	1	1 000	1 000	Id.	Pour dynamo ; en construction.
10	Société de la Russie méridionale Kamenskoïe . .	3	500	1 500	Ateliers Berlin-Anhalt	Pour dynamos.
11	Fabrique de Moreda de Gijon (Espagne).	1	300	300	Ateliers de Haine-St-Pierre	Id.
12	Astilleros del Nervion, à Bilbao	1	500	500	Astilleros del Nervion	Soufflerie.
13	Cie de produits chimiques del Abono, Gijon . . .	2	300	600	A. Borsig, à Berlin	Pour dynamos.
14	Id. . . .	7	400	2 800	Id.	Id. en construction.
15	Usines de Marquise.	1	400	400	Ateliers de Haine-St-Pierre	Id. en commande.
16	Usines de Differdange (Luxembourg).	1	1 000	1 000	Ateliers d'Achersleben	Pour laminoir ; en commande.
17	Fabrique d'armes d'Herstal	1	250	250	Ateliers de Haine-St-Pierre	Pour dynamo.
		31		18 250		

Nomenclature des moteurs

Construits ou en commande

	DÉSIGNATION DES USINES	NOMBRE	FORCE EN CHEVAUX EFFECTIFS	
			par moteur	totale
1	Niederrheinische Hütte Duisburg	1	500	500
2	Donnersmarkhütte (Haute-Silésie)	2	1 000	2 000
3	Usines de Differdange (Luxembourg)	1	1 500	1 500
4	Rœchling frères, à Vœlklingen	1	1 500	1 500
5	Bochumer Verein, à Bochum	1	1 400	1 400
6	Id. Id.	1	700	700
7	Usine Phœnix, à Laar-Ruhrort	1	700	700
8	Gütehoffnungshütte-Oberhausen	2	1 000	2 000
9	Id.	2	500	1 000
10	Id.	2	500	1 000
11	Destination inconnue	1	500	500
12	Usine Stumm, à Neunkirchen	2	600	1 200
13	Usines américaines	10	1 000	10 000
14	Id.	16	2 000	32 000
15	Id.	3	600	1 800
16	Parkgate Steel and Iron C°, Sheffield	1	500	500
17	Castner Kellner, Alcali C°	1	700	700
18	Destination inconnue	1	500	500
19	Beardmore et C°, à Glasgow	1	1 000	1 000
20	Id. Id.	2	500	1 000
21	Destination inconnue	1	500	500
22	Id.	1	250	250
23	Id.	1	150	150
24	Id.	1	400	400
25	Direction des Chemins de fer, à Sarrebrück	2	300	600
		58		63 400

Koerting à deux temps

au 1er novembre 1902.

CONSTRUCTEURS	OBSERVATIONS
Koerting frères.	1 cylindre pour soufflerie.
Id.	2 Id. pour électricité.
Klein frères.	2 Id. pour laminoir trio.
Id.	2 Id. Id.
Id.	2 Id. pour soufflerie.
Id.	1 Id. pour électricité.
Id.	1 Id. pour laminoir trio.
Gutehoffnungshütte.	2 Id. pour électricité.
Id.	1 Id. pour soufflerie.
Koerting frères.	1 Id. pour électricité.
Ateliers de Siegen.	1 Id. pour soufflerie.
Id.	1 Id. Id.
De la Vergne et Co, à New-York.	2 Id. emploi non indiqué.
Id.	2 Id. Id.
Id.	1 Id. Id.
Gutehoffnungshütte.	1 Id. pour soufflerie.
Mather et Platt, à Manchester.	1 Id. pour électricité.
Id.	1 Id. Id.
Id.	2 Id. Id.
Id.	1 Id. Id.
Société mécanique d'Anzin.	1 Id. emploi non indiqué.
Ateliers Saint-Léonard, à Liège.	1 Id. Id.
Id.	C'est le plus petit modèle admissible pratiquement pour moteur à deux temps.
Koerting frères.	1 cylindre pour électricité.
Id.	1 Id. pour actionner des ventilateurs.

en tandem (diamètre 900 *mm*, course 1 000 *mm*, 120 tours) et un volant de 6 400 *mm* de diamètre (1).

Un autre moteur à quatre temps de Nuremberg, de 800 *ch* fournis par deux cylindres jumelés (diamètre 1 320 *mm*, course 1 400 *mm*, 90 tours), fonctionne pour électricité aux aciéries de Meiderich-Ruhrort; le moteur complet pèse 265 000 *kg* y compris le volant de 75 000 *kg*. Dans la même salle, on vient d'installer récemment un moteur Cockerill de 600 *ch* effectifs avec cylindres de 1 300 *mm* de diamètre, 1 400 *mm* de course et 90 tours comme le précédent.

Quoi qu'il en soit, nous pensons qu'à la suite des moteurs à gaz à deux temps d'Œchelhæuser et de Koerting, ce seront les moteurs à quatre temps et à double effet avec un, deux ou quatre cylindres jumelés et tandems, qui fourniront le type définitif du moteur à gaz industriel de grandes dimensions, le système étant, de plus, applicable aussi aux petites dimensions, parce qu'il ne présentera pas, comme le moteur à deux temps, l'inconvénient d'une complication incompatible avec les forces réduites.

Nous n'entrerons pas ici, bien entendu, dans les polémiques parfois bien vives, qui se sont produites déjà entre les divers constructeurs de moteurs à gaz, mais devons nous contenter d'attendre les résultats d'exploitation que la seule pratique peut consacrer.

Économie produite par l'utilisation des gaz de hauts fourneaux.

Il nous paraît hors de doute que l'application du gaz de haut fourneau à la production directe de la force motrice sans passer par la vapeur, est l'un des progrès économiques les plus importants que la fin du siècle dernier ait mis à la disposition de la métallurgie du fer. Les avantages de cette récupération ont été déjà fréquemment exposés sous diverses formes (2); nous croyons devoir, cependant, résumer ici quelques chiffres qui pourraient servir de point de départ à toute usine disposant de hauts fourneaux, et d'après lesquels il est facile d'établir un programme complet d'aménagement et de répartition de cette force motrice nouvelle disponible.

(1) Voir la description de ce moteur dans *Stahl und Eisen*. N° 11, 1902.

(2) Les exposés les plus complets de cette question nous paraissent être ceux de M. F.-W. Lurmann, d'Osnabrück, faits aux réunions des Ingénieurs métallurgistes allemands à Dusseldorf, notamment celui du 24 mars 1901, reproduits dans la publication *Stahl und Eisen*, 1898, page 247, et n°s 9-10, 1901.

Nous supposerons un haut fourneau au coke produisant 100 *t* de fonte par 24 heures avec consommation de coke de 100 0/0 : d'après les expériences acquises à ce jour, nous trouvons que 1 *t* de coke fournit 4 500 m^3 de gaz pauvre de 950 calories par mètre cube ; 100 *t* fourniront donc 450 000 m^3, soit par minute : $\frac{450\,000}{24 \times 60} = 312{,}5\ m^3$.

Cette quantité de gaz se répartira comme suit :

		Par minute.	Par heure.
Chauffage de l'air (Cowpers) avec gaz épuré.	30 0/0	93,75 m^3	5 625 m^3
Pertes par la prise de gaz, les appareils et les conduites. . .	10 —	31,25 —	1 875 —
Disponibilité pour soufflerie, épuration et force motrice	60 —	187,50 —	11 250 —
TOTAUX. . .	100 0/0	312,50 m^3	18 750 m^3

La consommation d'un moteur à gaz pauvre pouvant être admise à raison de 3,5 m^3 par cheval-heure au maximum, le volume de gaz disponible de 11 250 m^3 par heure répond à un minimum de 3 215 *ch* (1).

La force nécessaire à l'*épuration* de la quantité de gaz *totale* produite par un haut fourneau en admettant que tous les moteurs de l'usine soient installés pour marcher au gaz et en y comprenant les ventilateurs d'épuration conjugués, l'élévation des eaux de refroidissement, l'injection d'eau dans les enveloppes des cylindres et dans les pistons des moteurs à gaz supposés tous refroidis, peut être évaluée à 0,025 *ch* par mètre cube de gaz et par heure, soit dans le cas considéré de 18 750 m^3 à 468,75 *ch* en chiffres ronds 470 *ch*.

La soufflerie, à raison de 6 m^3 d'air par kilogramme de coke, devra aspirer, d'autre part, pour $\frac{100\,000}{24 \times 60} = 69{,}4\ kg$ de coke, un volume d'air de $69{,}4 \times 6 = 416{,}3\ m^3$ par minute ; la force nécessaire à ce travail pouvant être admise pour moteur à gaz à raison de 1,2 *ch* par mètre cube et par minute, sera donc, au maximum, de $416{,}4 \times 1{,}2 = 499{,}68$ *ch*, en chiffres ronds 500 *ch*.

(1) La consommation ne dépasse pas, en réalité, 3 m^3 par cheval-heure, de sorte que nous aurions 3 750 *ch* disponibles.

La consommation de gaz par cheval-heure étant toujours supposée de 3,5 m^3, nous trouvons les consommations de gaz par heure suivantes :

pour l'épuration et le refroidissement :	$470 \times 3{,}5 = 1\,645$ m^3 pour	470 *ch*,
pour la soufflerie :	$500 \times 3{,}5 = 1\,750$ m^3 pour	500 *ch*,
d'où disponibilité pour transport de force :	7 855 m^3 pour	2 245 *ch*.
Total égal :	11 250 m^3 pour	3 215 *ch*.

Pour le cas où les souffleries ne seraient pas installées comme moteurs à gaz, mais où l'on maintiendrait les souffleries à vapeur existantes avec leurs chaudières, la force disponible serait réduite en proportion, les chaudières consommeraient, en effet, 3,6 fois plus de gaz pour produire la même force aux machines à vapeur que le moteur à gaz direct; on aurait, dans ce cas, la combinaison suivante :

Pour épuration de tous les gaz, etc.	$470 \times 3{,}5 = 1\,645$ m^3	répondant à	470 *ch*
Pour chaudières des souffleries	$500 \times 12{,}6 = 6\,300$	—	500
Reste disponible pour transport de force. .	3 305	—	944
TOTAL ÉGAL. .	11 250 m^3	—	1 914 *ch*

Il y a donc avantage évident à employer aussi des souffleries actionnées par moteurs à gaz.

Quoi qu'il en soit, les 2 245 *ch* que l'on peut produire avec les 7 855 m^3 de gaz disponibles dans le cas d'une installation complète de moteurs à gaz et suppression des chaudières, ne sont que rarement utilisés aujourd'hui dans les usines et, en tous les cas, ne le sont-ils que très faiblement, puisque les anciennes installations nécessitent, même fréquemment, un supplément de combustible aux chaudières des souffleries; l'épuration des gaz de fourneau est appelée déjà à en réduire la consommation aux appareils à air chaud et aux chaudieres; les avantages de cette épuration, notamment pour les appareils Cowpers, sont du reste évidents. Si, en outre, nous considérons que pour produire les 2 245 *ch* ci-dessus à des chaudières de secours il faudrait, à raison

de 1 *kg* de charbon par cheval-heure, consommer 2,245 *t* de charbon par heure, soit, par jour à vingt heures de marche, 44,9 *t*, ceci répond, avec prix du charbon de 12,50 *f* la tonne, à 561,25 *f* par jour de travail.

Cette force est perdue aujourd'hui; il en résulte que, par une installation complète de moteurs à gaz avec *un haut fourneau de 100 t*, et dans les conditions ci-dessus, on peut récupérer en 300 jours de travail seulement, et perdant les gaz pendant 65 jours, environ 13 470 *t* de charbon, répondant par suite à une *économie totale* de 168 375 *f*, en chiffres ronds, **170 000** *f*.

Rapportée à la tonne de fonte produite, cette économie donnerait une réduction du prix de revient de 4,66 *f* par tonne; appliquée à d'autres produits finis de l'usine estimés à 30 000 *t*, par exemple, la réduction serait de 5,67 *f* par tonne.

Il est facile de conclure sur base de ce qui précède, à la limite que l'on désire se fixer pour les frais d'installation, pour les délais d'amortissement, etc. Quant à l'emploi de cette force ainsi disponible, il est des plus variés, soit que l'on réunisse le tout dans une station centrale d'électricité, ainsi que le font déjà certaines usines de la Westphalie et du Luxembourg, en suivant un programme établi d'avance (1), soit qu'une partie des gaz soit utilisée à actionner directement des laminoirs par moteurs à gaz, le reste étant réservé à l'électricité.

VI. — **Fonderies de fonte.**

La production des fontes de moulage en seconde fusion a quadruplé en Westphalie depuis 1880, et ce, malgré le développement pris par les moulages en acier, grâce aux nouvelles installations d'usines les plus diverses, non seulement en Allemagne, mais aussi à l'étranger et, notamment, en Russie, où les constructeurs de Westphalie ont fourni une grande partie des machines à vapeur, des laminoirs, des machines-outils, etc.; aussi la stagnation actuelle se fait-elle sentir d'une manière très sensible dans tous les ateliers de la région. Nous indiquerons quelques chiffres comparatifs tirés des statistiques publiées par M. Tübben :

(1) C'est ainsi que, par exemple, le programme de l'usine d'Ilsede (Hanovre) prévoit une station centrale électrique de 6 000 *ch*; deux moteurs (Echelhæuser de 1 000 *ch* sont en montage dans une halle de 65 × 45 *m*; le courant alternatif aura une tension de 10 000 volts et le tout devra fonctionner en combinaison avec la station centrale d'électricité à vapeur ne fournissant que 1 300 *ch*.

	1880	1885	1890	1895	1900
Nombre de fonderies en 2me fusion. .	139	167	166	175	167
Quantités de fonte consommées, unités de 1 000 *t*.	129,1	175,1	238,7	303,1	509,2
Produits fabriqués : (unités de 1 000 *t*)					
Poteries en fonte, poêles, etc. . . .	9,7	12,4	15,1	12,5	14,8
Tuyaux de toutes dimensions. . . .	15,3	25,3	44,4	50,6	104,4
Pièces de machines et divers. . . .	90,5	112,6	160,5	193,0	309,3
TOTAL (unités de 1 000 *t*). . .	115,5	150,3	220,0	256,1	428,5

Il est naturel que ce soient les pièces de machines qui forment la partie principale de la production de moulages; des fonderies de ce genre existant dans toutes les grandes usines et celles achetant leurs fontes, étant trop nombreuses, nous ne pouvons nous y arrêter ici.

Une fabrication plus spéciale est celle des tuyaux en fonte fournis en Westphalie par sept usines qui s'en sont fait une spécialité, mais dont l'importance est loin d'atteindre celle des usines de Pont-à-Mousson; il y a dans toute l'Allemagne vingt-trois fonderies de tuyaux réparties comme suit :

Province du Rhin, Westphalie et Siegerland. .	7	fonderies
District de la Saar	4	—
Allemagne du Nord	5	—
Saxe	2	—
Haute-Silésie.	5	—
TOTAL	23	fonderies

Les usines du Rhin et de la Westphalie sont les suivantes :

1° Friedrich-Wilhelmshütte, à Mülheim-sur-Ruhr;
2° Grillo, Funcke und Cie, à Schalke;
3° Haniel et Lueg, à Dusseldorf;
4° Neusser Eisenwerk, à Heerdt, près Dusseldorf;
5° P. Stuehlen, à Cologne-Deutz;
6° Usine Kray, à Gelsenkirchen;
7° Usines Buderus, à Wetzlar (installation récente).

Machines a mouler.

Dans de nombreux cas, la fabrication de quantités considérables de pièces d'un même type a amené les fondeurs à adopter les machines à mouler; le modèle Seebold et Neff est un de ceux qui étaient autrefois les plus connus; la maison Bopp et Reuter, de Mannheim, construit aussi des machines très estimées. Nous mentionnerons aujourd'hui plus spécialement les machines à mouler hydrauliques construites par les ateliers de Hainholz, près Hanovre, et spécialement, parmi les divers modèles de ces ateliers, celui destiné aux moulages ordinaires sans châssis et celui pour moulage en châssis de grosses pièces de modèle courant.

Le modèle pour moulage sans châssis est reproduit ci-contre *(fig. 12)*; il se construit en trois types basés sur un principe identique, savoir :

MODÈLE	DIMENSIONS DES CHASSIS		POIDS de la MACHINE	EAU CONSOMMÉE par pression	PRODUCTION EN 10 HEURES	
	ronds et carrés	rectangulaires			CHASSIS (1)	avec OUVRIERS
	mm	*mm*	*kg*	*l*		
A	320	200 × 380	900	6,0	200	1
B	380	250 × 480	1 125	6,5	150	1
C	500	400 × 660	2 470	18,0	100	2

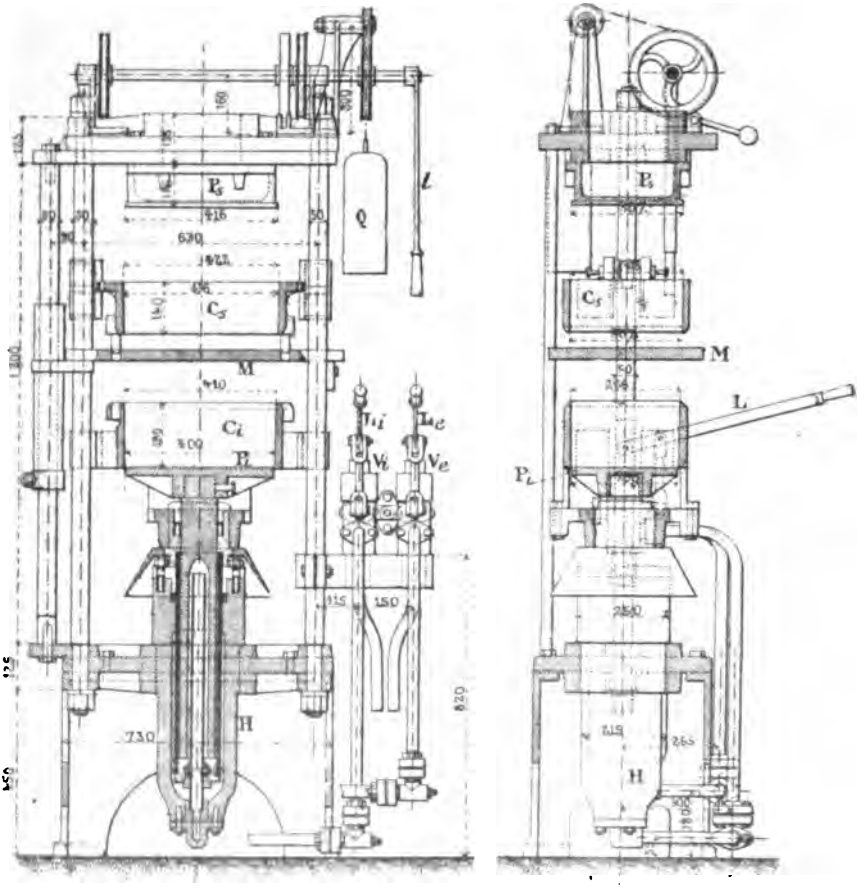
On a installé, par exemple, dans une fonderie de Remscheid, six machines des trois types combinées pour les divers travaux.

La pression de l'accumulateur est normalement de 50 *atm*, mais la même machine peut s'adapter aussi, quoique plus rarement, pour travail à l'air comprimé, voire même à la vapeur; la pression hydraulique est préférable, étant plus constante et plus régulière, et l'arrêt de la course étant obtenu plus facilement avec un liquide incompressible.

La grande machine pour mouler en châssis *(fig. 13)* est construite en dix types différents, savoir :

(1) Cette production est comptée par 10 heures de travail, le temps passé à la coulée y étant compris; ce sont donc des chiffres pratiques.

Fig. 12. — MACHINE A MOULER HYDRAULIQUE
sans châssis mobile. — Châssis fixe . 300 × 400m/m
Construction des Ateliers de Hainholz, près Hanovre.



Légende

M Plaque mobile supportant les modèles

$C_s C_i$ Châssis supérieur et inférieur mobiles dans le sens vertical pour C_s par le levier *l* avec contrepoids Q et pour C_i par le piston inférieur.

P_s Piston supérieur fixe

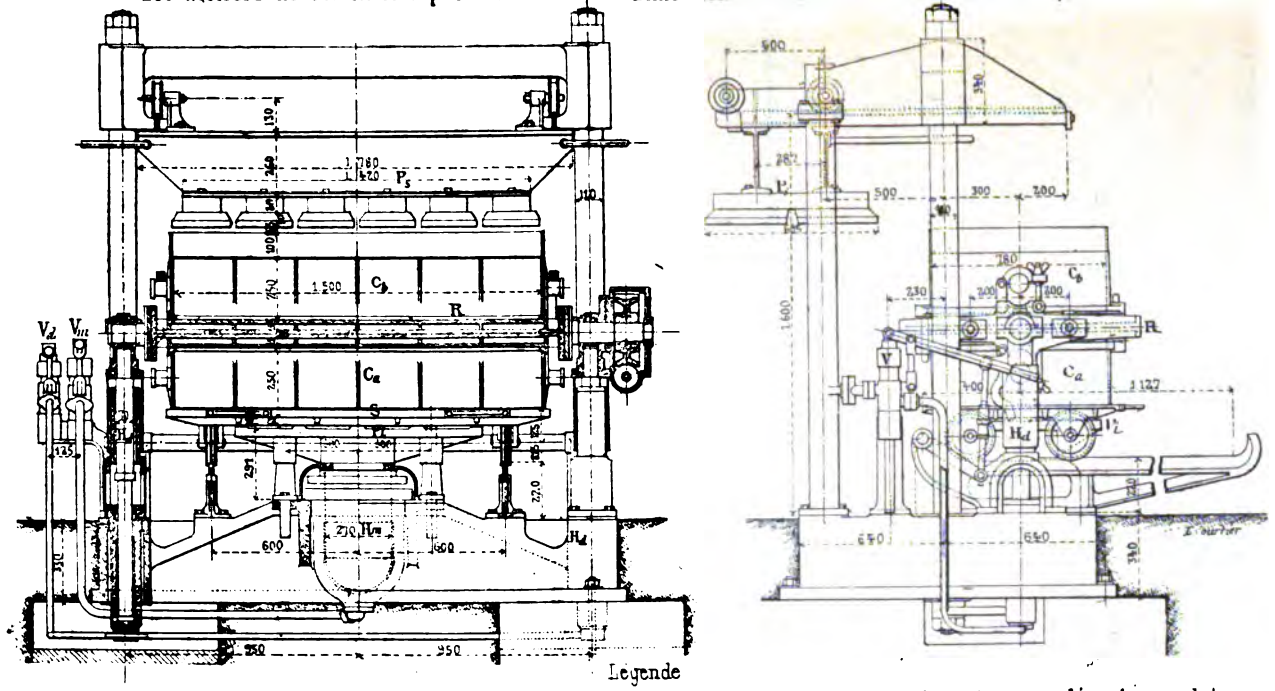
P_i Piston inférieur actionné par le piston hydraulique intérieur

H Cylindre hydraulique à 2 pistons l'un intérieur l'autre extérieur

$V_i V_e$ Valves hydrauliques pour les pistons hydrauliques H

$L_i L_e$ Leviers correspondants aux valves V_i et V_e

Fig. 13. — MACHINE A MOULER HYDRAULIQUE POUR CHASSIS MOBILES
des ateliers de Hainholz. près Hanovre. — Dimensions des châssis 1500 × 780 × 250m/m.



Légende

C_a Châssis posé sur le support mobile S (Chariot)
C_b Châssis posé sur le support rotatif R
P_s Piston supérieur fixe se déplaçant horizontalement vers l'arrière
H Piston inférieur soulevant l'ensemble C_a C_b R et S et produisant la compression du sable contre P_s
H_m Cylindre hydraulique actionnant R
H_d Cylindres hydrauliques pour démontage soulevant le support R sur lequel sont fixés les modèles à imprimer
V_d V_m Valves hydrauliques des cylindres H_m et H_d

MODÈLE		DIMENSIONS des CHASSIS	POIDS de la MACHINE	EAU NÉCESSAIRE par compression	PRODUCTION en 10 heures	NOMBRE d'ouvriers
		mm	*kg*	*l*	châssis	
Démoulage obtenu par levier à la main.	LB	480 × 250	1 090	2,0	65	1
	LB_1	400 × 300	1 090	2,0	65	1
	LC	660 × 400	1 500	3,75	65	2
	LD	730 × 480	2 190	5,0	50	2
	LE	860 × 600	2 400	6,25	42	2
	LF	1 100 × 550	3 100	9,0	40	2
Démoulage par pistons hydrauliques	LG	1 500 × 420	4 050	8,0	45	2
	LH	1 300 × 700	4 660	12,5	20	2
	LH_1	1 100 × 750	3 900	10,0	30	2
	LK	2 000 × 400	4 500	10,0	27	2

Le support intermédiaire R, rotatif autour d'un axe, porte les modèles exécutés de préférence en métal blanc (plomb et antimoine), fixés dans des plaques de plâtre ajustées dans des cadres en fonte; ce cadre en fonte est fixé au support R; la compression se fait toujours sur le piston fixe supérieur Ps; on amène le moule sur le support S et démoule par les pistons hydrauliques H*d* qui soulèvent le support R; pour les six premiers modèles, ce piston H*d* est remplacé par un levier à la main. Le moule terminé est ramené en avant et enlevé par une grue ou un pont roulant.

Nous avons vu appliquer aussi les machines à mouler dans certaines fonderies d'acier, notamment pour les roues de wagonnets; toutefois, les châssis qui doivent être ajustés se détériorent rapidement lorsque les moules demandent un fort étuvage, et on n'applique, dans ce cas, le moulage mécanique pour acier, qu'à des pièces pouvant se couler en sable vert ou faiblement séché.

Aménagement des fonderies.

On rencontre en Westphalie les dispositions les plus diverses, aussi ne pouvons-nous entrer dans ces détails variables suivant les conditions locales et les produits à fabriquer. Les installations nouvelles sont toutes basées sur l'emploi de ponts roulants électriques, les grues fixes étant complètement supprimées;

une fonderie très bien comprise comme aménagement est celle de Sœst et Cie, à Reisholz, près Dusseldorf, dont on trouvera la description détaillée dans la publication *Stahl und Eisen* (n° 17 du 1er septembre 1902).

Nous mentionnerons encore l'emploi très répandu de l'air chaud pour le séchage des moules; l'air est insufflé par un ventilateur dans de petits fours à coke portatifs que l'on réunit à des branchements d'une conduite d'air en tôle au moyen de tubulures élastiques (caoutchouc ou toile); les moules étant mis en place, l'air chaud pénètre dans toutes les cavités et s'échappe chargé d'humidité; le séchage obtenu nous a paru très suffisant et, en tous cas, très économique.

Fontes malléables.

Ces fontes rentrent, en réalité, dans la catégorie des produits au creuset et sont fabriquées dans un grand nombre d'établissements (voir *Bulletin* de juillet 1902, page 58); nous rappellerons seulement que la fonte doit être à haute teneur en carbone en vue d'obtenir une grande fusibilité et contenir, par contre, très peu de silicium et presque pas de manganèse; la décarburation *(Tempern)* est produite par du minerai même entourant la pièce portée au rouge pendant une durée déterminée.

VII. — **Aciers au convertisseur.**

C'est l'invention de Thomas et Gilchrist qui a contribué surtout au développement de l'industrie du fer en Westphalie; elle a, en effet, rendu possible l'emploi en grand de minerais phosphoreux et déplacé, pour ainsi dire, le centre de gravité de la production du fer au profit des régions disposant de minerais considérés auparavant comme étant de qualité inférieure (1).

La production totale de fers et aciers fondus du district de Dortmund, qui comportait, par exemple, en 1880, 583 700 *t*, se trouve portée, en 1890, à 1 291 500 *t* et, en 1900, à 3 269 200 *t*, c'est-à-dire qu'elle a été presque sextuplée en vingt années.

Le tableau comparatif ci-contre indique que ce sont les fers laminés du commerce, et notamment les poutrelles, qui four-

(1) Le même phénomène s'est produit en Autriche pour le bassin de Bohême, qui n'avait, en 1880, qu'une importance secondaire et dont les usines se sont aujourd'hui développées beaucoup plus que celles de Styrie, par exemple, disposant de minerais purs, mais nécessitant une méthode de transformation plus coûteuse que les minerais riches en phosphore.

Production de fer fondu Thomas, Bessemer et Martin,

ANNÉE	NOMBRE D'USINES	MATIÈRES PREMIÈRES consommées : fonte, etc. 1000 *t*	LINGOTS		DEMI-PRODUITS BLOOMS, billettes, etc.		RAILS EN ACIER	
			1 000 *t*	Valeur marks par tonne	1 000 *t*	Valeur marks par tonne	1 000 *t*	Valeur marks par tonne
1880	27	786,2	54,4	119,00	6,3	360,66	383,5	131,50
1881	40	1 063,0	74,9	120,94	7,1	319,21	484,3	127,00
1882	44	1 230,1	104,5	112,88	8,0	373,61	474,3	142,30
1883	43	955,9	35,6	103,17	101,1	118,59	293,1	135,78
1884	48	980,0	29,1	132,43	128,2	100,59	254,5	125,72
1885	50	939,8	28,3	80,64	134,5	91,68	252,4	116,32
1886	52	1 187,5	33,2	71,89	166,7	85,96	314,2	113,39
1887	51	1 401,8	57,0	76,34	214,6	80,94	365,9	105,05
1888	52	1 485,3	73,6	98,20	207,0	93,69	349,7	110,77
1889	54	1 650,7	110,5	83,09	222,0	94,35	337,6	113,77
1890	49	1 719,2	80,3	96,94	190,3	109,64	426,2	130,71
1891	46	1 908,0	118,5	86,50	223,4	94,33	439,2	120,58
1892	47	2 009,6	120,2	77,61	319,9	84,25	359,3	112,25
1893	51	2 165,5	148,3	73,99	413,4	78,14	328,9	104,57
1894	53	2 504,3	155,5	71,53	469,3	74,66	356,4	104,80
1895	53	2 714,3	171,3	66,99	583,8	73,80	329,3	106,80
1896	53	3 340,5	228,1	74,60	702,0	80,75	401,2	106,82
1897	54	3 592,9	213,6	79,83	646,6	88,28	511,5	115,27
1898	54	4 035,4	288,2	82,72	675,6	90,05	538,7	117,47
1899	53	4 448,7	293,6	89,15	735,2	95,21	508,1	123,78
1900	56	4 327,9	206,5	107,28	663,4	118,95	565,0	142,77

N. B. — Les chiffres de production totale ne représentent pas exactement

lu disctrict de Dortmund, de 1880 à 1900.

LAMINÉS DU COMMERCE pontrelles, cornières, etc.		TOLES ET LARGES PLATS (fers-blancs non compris)		FIL DE FER (MACHINE)		TUBES MÉTALLIQUES		PRODUCTION TOTALE de fer fondu	
1 000 *t*	Valeur marks p. tonne	1 000 *t*	Valeur marks p. tonne	1 000 *t*	Valeur marks p. tonne	1 000 *t*	Valeur marks p. tonne	1 000 *t*	Valeur marks p. tonne
8,4	191,00	1,7	568,50	0,8	140,00	»	»	583,7	209,24
9,7	172,28	3,7	398,70	38,4	167,49	»	»	780,7	197,48
22,3	154,93	5,2	338,60	98,9	156,69	»	»	928,6	201,25
16,8	159,73	6,5	220,95	108,7	145,51	»	»	712,4	150,52
16,2	144,68	12,4	263,22	152,3	123,87	»	»	746,3	138,68
16,0	127,47	16,4	226,82	144,8	119,77	»	»	728,4	126,44
22,4	126,19	42,5	182,48	172,0	113,26	»	»	923,8	120,25
33,2	126,86	61,2	183,00	203,3	108,96	»	»	1 137,1	114,41
68,9	116,87	81,4	167,48	173,2	110,13	»	»	1 185,0	123,66
110,2	125,19	114,4	183,91	129,9	115,25	3,5	300,00	1 291,5	130,65
125,0	139,29	101,8	199,50	156,6	131,86	4,2	300,06	1 327,4	147,35
120,9	130,50	107,1	123,76	191,7	121,89	4,0	249,97	1 463,6	132,72
139,3	109,82	120,9	154,37	234,6	116,69	5,2	171,83	1 523,9	119,43
207,7	104,59	138,8	142,76	275,2	104,13	7,2	206,05	1 725,2	108,21
258,3	96,68	169,8	135,01	297,1	99,66	8,5	192,38	1 940,9	104,53
281,7	97,17	204,1	127,53	312,1	99,58	10,0	280,72	2 109,5	103,20
423,0	104,14	254,0	137,56	330,9	108,34	8,5	245,95	2 622,8	108,74
559,3	116,24	254,4	149,22	317,2	115,10	9,4	315,12	2 786,1	118,66
659,7	116,39	310,2	145,73	286,5	115,95	10,4	264,03	3 122,6	120,51
833,0	129,41	356,2	161,61	310,0	133,69	15,2	279,92	3 414,7	130,25
795,7	148,65	359,4	181,92	270,3	162,57	10,8	309,20	3 269,2	154,26

le total des produits principaux indiqués dans les autres colonnes.

nissent le contingent le plus fort avec les rails en acier; la fabrication des tôles en fer fondu se trouve de même portée de 1 700 *t* en 1880 à 101 800 *t* en 1890, puis à 359 400 *t* en 1900, tandis que, pour les années correspondantes, la production en tôles de fer puddlé corroyé (voir le tableau, page 174) a comporté 69 500 *t*, 66 700 *t*, puis 38 800 *t*; la même observation s'applique au fil-machine; quant aux tubes en acier, on voit que la fabrication n'a été entreprise qu'en 1889 (3 500 *t*) et qu'elle a atteint son maximum avec 15 200 *t* en 1899.

Le tableau synoptique, page 63, donne les capacités des cornues employées dans les diverses usines, ainsi que le nombre de cornues acides et basiques, ces dernières formant la majorité.

Les dispositions des aciéries sont connues, et nous nous contenterons de signaler la tendance à la suppression des grues fixes de démoulage là où la construction du bâtiment permet d'installer des ponts roulants, ainsi que l'emploi de poches à fonte et de chariots de coulée mus par l'électricité. Nous donnons ci-joint le dessin d'une poche à fonte de 17,5 *t* avec moteur électrique pour le renversement, construite par la Société de Bayenthal-Cologne *(fig. 14)*. Cette poche, prenant la fonte au haut fourneau, l'amène soit à la cornue soit au mélangeur.

Mélangeurs de fonte pour aciéries Thomas.

Les avantages des mélangeurs de fonte sont connus aujourd'hui et on sait que leur fonction la plus intéressante est la réduction des teneurs en soufre de la fonte (1); ils permettent aussi de réduire la durée du soufflage (11 minutes au lieu de 15) et, par suite, le déchet de fabrication ainsi que la consommation de coke pour chauffage des cornues. On avait observé déjà que la fonte Thomas perdait de 1/3 à 1/2 de son soufre pendant le transport du haut fourneau à la cornue, et que le mélangeur a permis d'augmenter cette épuration que l'on pourrait appeler « automatique ». Des essais, cités par M. Hilgenstock *(Stahl und Eisen*, octobre 1891) ont donné, par exemple :

	Silicium.	Manganèse.	Soufre.
Fonte prise au haut fourneau . .	0,64	2,12	0,14
Fonte arrivant au mélangeur . .	0,50	1,82	0,08
Fonte arrivant au convertisseur.	0,46	1,70	0,05

1) Voir entre autres le *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, tome IX, 4e livraison 1895, et *Stahl und Eisen*, n° 3, du 1er février 1895.

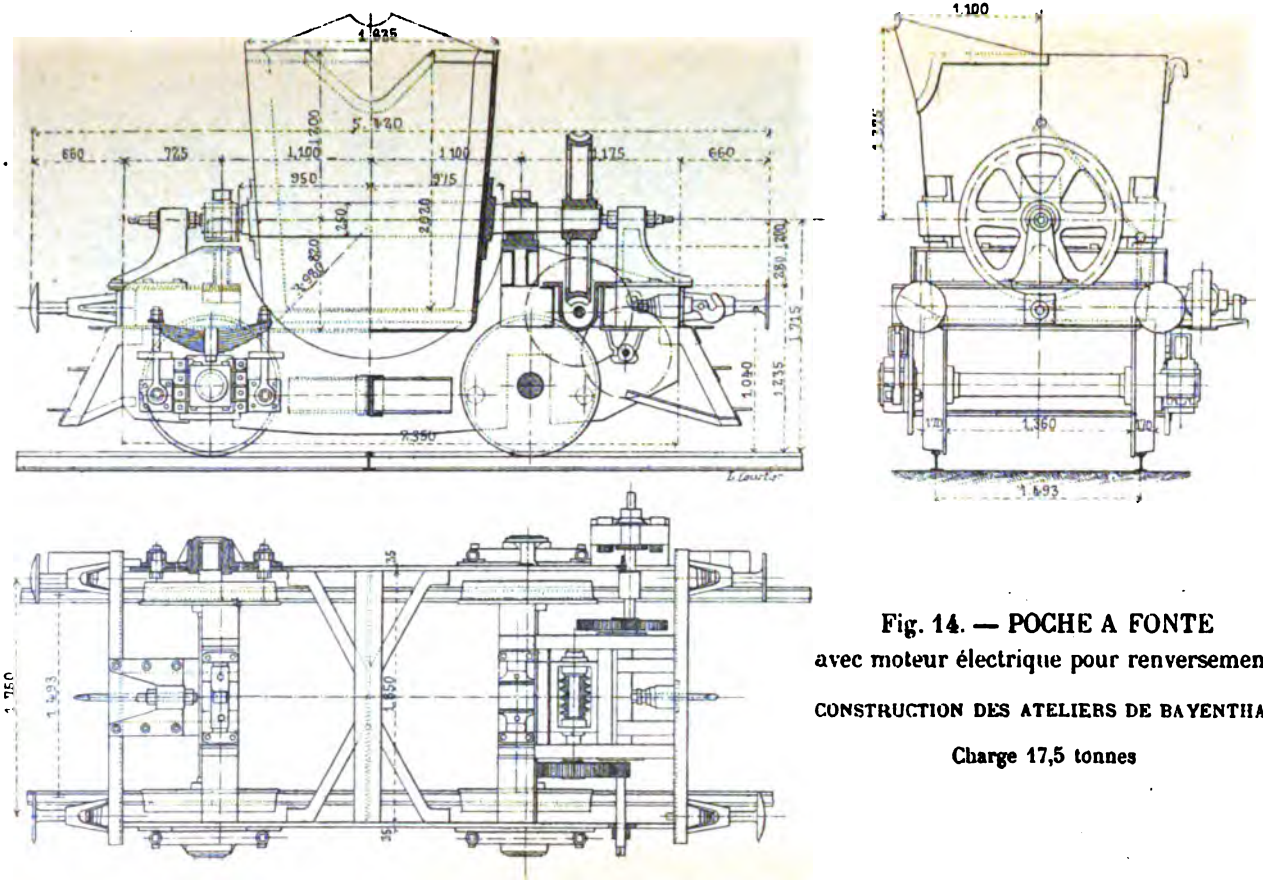


Fig. 14. — POCHE A FONTE
avec moteur électrique pour renversement

CONSTRUCTION DES ATELIERS DE BAYENTHAL

Charge 17,5 tonnes

Presque toutes les installations de mélangeurs à fonte, en Allemagne, ont été exécutées, depuis 1898, par les ateliers de Bayenthal; nous donnons les dessins des deux types distincts employés jusqu'à présent.

Le premier type comporte un réservoir oscillant autour d'un

Fig. 15.
MÉLANGEURS DES USINES
RHEINISCHE STAHLWERKE
pour 250 tonnes par récipient.

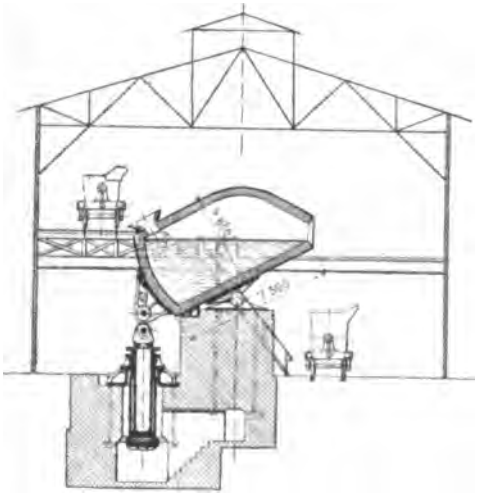
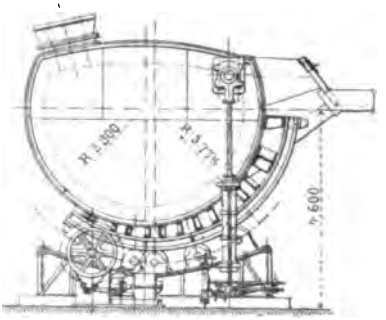
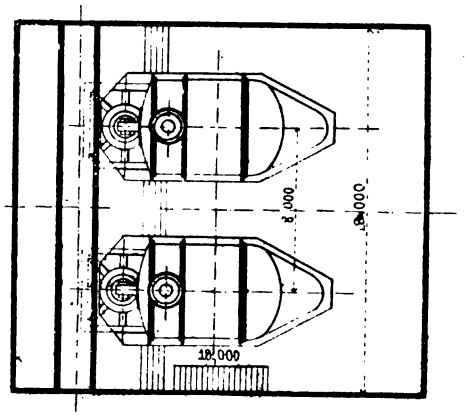
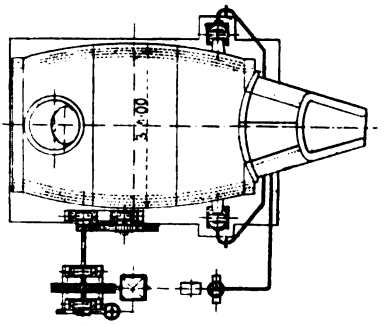


Fig. 16.
MÉLANGEUR DES USINES
DE ROMBACH
pour 200 tonnes par récipient.







axe fixe placé en dessous de l'appareil actionné par piston hydraulique disposé à l'arrière *(fig. 15)*; la capacité est de **250** *t* pour un diamètre de **4 600** *mm* et une longueur de **8 300** *mm*; le

garnissage est en briques de magnésie dans toute la zone pouvant être en contact avec la scorie, le reste est en briques réfractaires ordinaires; le poids de cette garniture réfractaire varie de 80 000 à 120 000 *kg*.

Le second type installé à Rombach (Lorraine) est équilibré et procède d'appareils américains ayant servi de modèle *(fig. 16)*. Le réservoir pouvant recevoir 200 à 220 *t* de fonte repose sur dix galets; la forme demi-sphérique permet d'éviter les nervures de renforcement de l'enveloppe, et l'équilibre est obtenu par la disposition excentrée de la glissière de roulement. Le renversement est obtenu par un électromoteur de 26 *ch*, mais on a prévu en plus deux pistons hydrauliques de réserve; s'il y a lieu, ce renversement peut aussi être effectué par le pont roulant de l'atelier dont le crochet vient soulever le fond de l'appareil. Cette installation est plus coûteuse que les précédentes, mais le constructeur (W. Oswald, Ingénieur à Coblence) fait ressortir comme avantage de son système l'équilibre pendant le renversement et l'économie de force en résultant, la solidité due à la forme sphérique et la facilité d'application du moteur électrique. Notons que le mélangeur de Rombach est garni tout entier en briques de magnésie de Styrie, et qu'il n'y a pas eu de réparation pendant une année de marche.

Nous donnons ci-dessous la liste des mélangeurs pour aciéries Thomas installés à ce jour par les ateliers de Bayenthal, et ferons remarquer que toutes ces installations comportent deux mélangeurs prévus en cas d'accident ou de réparation et nécessaires pour le fonctionnement régulier de l'installation.

Les aciéries Hoesch-Dortmund (voir *Stahl und Eisen*, n° 6, 1902) ont fait des essais comparatifs sans mélangeurs, du 1er juin au 20 septembre 1898, puis avec mélangeurs du 1er octobre 1898 au 20 janvier 1899; on a trouvé:

1° Une réduction du déchet de fabrication de 14,72 à 12,86 0/0, soit économie de 1,86 0/0;

2° Une réduction de la consommation de coke par tonne d'acier de 54,3 *kg* à 43,3 *kg*, soit de 11 *kg*.

Pendant la période d'essai sans mélangeurs, soit 3 mois et 19 jours = 111 jours, les chiffres d'exploitation ont donné:

Fonte chargée 66 424 *t*; prix de la fonte 55,71 marks en moyenne;

Acier produit 56 714 *t*; prix moyen du coke 14,96 marks par tonne.

Nomenclature des mélangeurs pour aciéries Thomas

installés par les ateliers de construction de Cologne-Bayenthal.

	DÉSIGNATION DES ACIÉRIES	NOMBRE des RÉCIPIENTS	CHARGE MAXIMA d'un récipient	OBSERVATIONS
			t	
1	Usines de Burbach (Saar)	2	160	desservis par deux monte-charges hydrauliques.
2	Usine Hoesch, à Dortmund.	2	160	desservis par un monte-charges hydraulique.
3	Société de Hoerde, à Hoerde	2	160	rampe à locomotive pour la poche des hauts fourneaux.
4	« Deutscher Kaiser », à Bruckhausen	2	160	monte-charges hydraulique.
5	Usines « Phœnix », à Ruhrort	2	160	rampe à locomotives.
6	Aciérie de Rombach (Lorraine).	2	200	mélangeur équilibré sur galets; poche élevée par grue électrique.
7	Differdange (Luxembourg)	2	250	monte-charges hydraulique.
8	Rheinische Stahlwerke, à Meiderich.	2	250	rampe à locomotives.
9	Usines Stumm, à Neunkirchen.	2	200	monte-charges hydraulique.

Les économies correspondantes comportent donc :

1,86 0/0 sur 66 424 *t* de fonte = 1 235 *t* de fonte à 55,71 marks. . . . . Marks.	68 829,70
11 *kg* de coke pour 56,714 *t* d'acier = 623,854 *t* de coke à 14,96 marks: . . . . . Marks.	9 332,86
D'où économie totale en 111 jours de . . Marks.	78 162,56

ce qui répond par tonne d'acier à 1,37 mark ou à 246 600 marks par an pour une production totale de 180 000 *t* d'acier et, par suite, à un amortissement de la dépense d'installation en environ une année (1).

Notons encore que de nouveaux essais sont en cours dans une usine, en vue de supprimer les réparations quelquefois onéreuses et les pertes occasionnées par le refroidissement de la masse de fonte en cas d'allure irrégulière de l'aciérie et en même temps d'augmenter encore la réduction des teneurs en soufre ; ces essais n'étant pas terminés, nous ne sommes cependant pas encore autorisés à fournir des détails sur cette nouvelle disposition de mélangeurs.

Garnissage des convertisseurs Thomas.

Les grandes productions basées sur le soufflage en première fusion des fontes provenant des hauts fourneaux, soit directement soit par les mélangeurs, et demandant aux cornues une marche presque continue, ont nécessité des garnissages plus résistants et une préparation plus rapide de ces garnissages, afin de réduire l'immobilisation de matériel.

C'est ainsi que les *fonds de convertisseur* sont fabriqués presque partout en Westphalie par pilonnage mécanique et supportent de 40 à 45 charges sans inconvénients (voir *Bulletin* de juillet 1902, page 66) : ce pilonnage, qui nécessitait autrefois quatre à cinq hommes et six à huit heures de travail, est fait aujourd'hui à la machine Bruno Versen par deux hommes, en deux à deux heures et demie.

Pour le *garnissage des parois* des cornues, le pisé est abandonné complètement et on ne se sert plus que de briques de dolomie, qui supportent environ 120 charges. Nous donnons le dessin d'une installation complète, exécutée par E. Lœis et Cie, de Trèves,

(1) Les usines Hoesch ont établi ensuite que le déchet était même réduit de 12 0/0 en marche normale, ce qui répondrait à une économie de 1,90 mark par tonne d'acier.

pour une grande aciérie westphalienne et susceptible de livrer 500 à 700 briques de dolomie par jour *(fig. 17)* ; elle comprend les appareils suivants :

1° Cubilots pour grillage de la dolomie crue pour 12 à 15 *t* par jour, pouvant fonctionner avec ou sans ventilateur suivant la production désirée ;

2° Deux broyeurs genre Vapart placés en sous-sol, production 15 *t* par broyeur ;

3° Une chaîne à godets amenant la dolomie dans un réservoir d'où elle est répartie :

4° Soit au broyeur à meules où se fait le mélange avec le goudron, en vue de la fabrication des briques (production 15 *t* par jour, force 15 *ch*) ;

5° Soit au malaxeur horizontal pour préparation de la masse pour fabriquer les fonds (production 30 *t* par jour, force 12 *ch*) ;

6° Une presse hydraulique fournit sur les briques une pression de 500 *t* ; plongeur de 425 *mm*, course 300 *mm*, 300 *atm* ;

7° Une pilonneuse Bruno Versen pour les fonds (force 4 *ch*) est placée dans le même bâtiment et les deux fours à cuire, pouvant contenir chacun huit fonds, se trouvent immédiatement à la suite.

La force motrice totale pour cet atelier est de 80 à 100 *ch*, transmis de préférence par un moteur électrique.

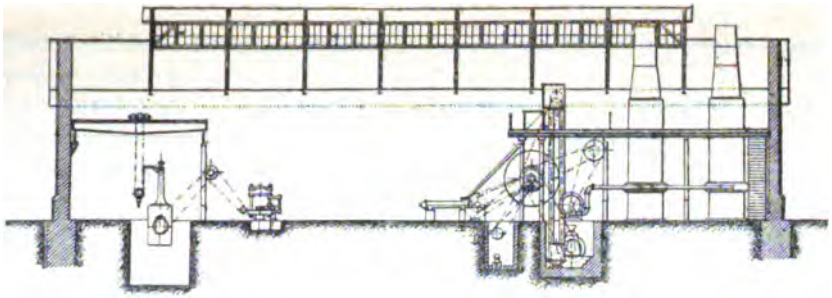
Parmi les principales usines auxquelles la maison Loeis et C^ie^ a fourni tout ou partie d'installations analogues, nous citerons ici :

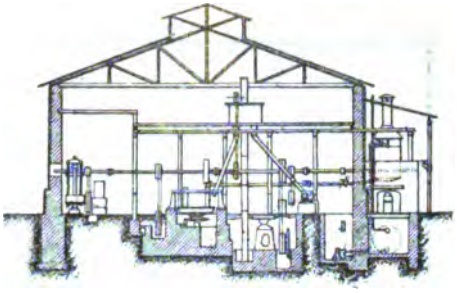
En Allemagne :

Acieries Deutscher Kaiser, à Bruckhausen ;
Charlottenhütte, à Niederschelden ;
Aciéries de Rendsburg, à Rendsburg ;
Usines de Burbach, près Sarrebrück ;
— d'Aumetz-Paix, à Knuttange, etc.

Luxembourg, France, Belgique :

Aciéries de Dudelange ;
— de Differdange ;
J. Cockerill, à Seraing ;
Société de Vezin-Aulnoye, à Homécourt ;
Aciéries de Micheville, à Villerupt ;
Usines de Wendel, à Jœuf, etc.





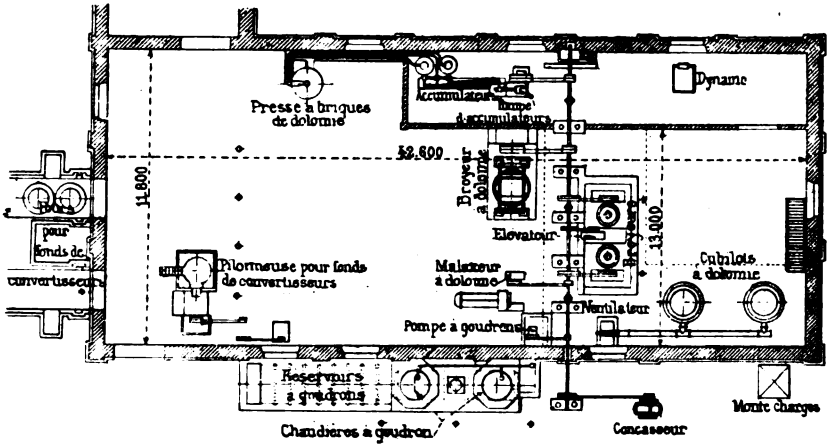


Fig. 17.

ATELIER DE PRÉPARATION
DE DOLOMIE
pour Aciérie THOMAS.
Installation exécutée par LAEIS et Cie de Trèves.

arriver à une qualité régulière pour une production en grand d'un métal de dureté uniforme, mais il est difficile de varier à chaque charge la dureté de l'acier et de l'obtenir exactement; ces faits sont, du reste, reconnus pratiquement et nous mentionnerons seulement les aciéries du Phœnix qui, quoique ayant toujours préconisé l'emploi du convertisseur Thomas et la recarburation (Darby) ont cependant installé un four à sole acide de **12** *t* et cinq fours à sole basique de **12** et de **20** *t*.

Quant aux nouveaux fours oscillants à marche continue du système *Talbot*, ils n'ont pas été adoptés en Westphalie et ne paraissent pas devoir être introduits dans une région où les fortes productions de fer fondu s'obtiennent déjà au convertisseur; le seul avantage que présenterait le remplacement du convertisseur par le four Talbot serait, à notre avis, la réduction du déchet de soufflage, mais l'on peut se demander si cette économie justifierait, dans chaque cas, les dépenses considérables qu'occasionnerait la transformation d'ateliers existants; quant à la question de savoir si les fours à sole oscillants, à production continue, peuvent livrer des quantités réduites d'un métal de qualité déterminée et variable à chaque coulée, nous croyons devoir répondre par la négative.

Matières premières.

Toutes les sortes de fonte disponibles peuvent être employées aux fours Martin basiques; on utilise cependant, de préférence, en Westphalie, la fonte dite « à acier » (Stahleisen); cette fonte, fabriquée principalement avec du fer spathique de Siegen, du minerai d'Espagne et des résidus de pyrites, est assez pure pour le Bessemer acide et, à plus forte raison, pour la sole basique; elle a, suivant sa teneur en manganèse, un grain variable, tantôt gris, tantôt rayonnant; les analyses les plus courantes donnent les teneurs suivantes (1) :

Carbone	de 3,0	à 3,5	0/0.
Silicium	de 0,3	à 0,8	0/0.
Manganèse	de 4,0	à 8,0	0/0.
Phosphore	jusqu'à	0,1	0/0.
Soufre	environ . .	0,01	0/0.
Cuivre	de 0,1	à 0,3	0/0.

Quant à l'ore-process proprement dit, nous ne l'avons rencontré nulle part.

(1) Se reporter aussi aux analyses des fontes de Duisburg-Hochfeld, page 100.

Conditions de marche des fours Martin.

Les matières dont chaque usine dispose, les prix de ces matières et les qualités à produire variant suivant les cas, on ne peut indiquer de composition exacte des charges; si l'on a des scraps en quantité suffisante et à bas prix, on charge généralement 30 0/0 de fonte et 70 0/0 de ferrailles.

Avec cette composition, on fait généralement de quatre à six charges par vingt-quatre heures, suivant la grandeur des fours, ce qui répond à une durée totale de la charge, chargement, coulée et réfection de la sole compris, de quatre à six heures.

L'emploi de *chargeurs mécaniques*, très répandus en Westphalie, permet de réduire la durée du chargement, de manutentionner par la même occasion les wagonnets portant les récipients mobiles (1 500 à 2 000 *kg* par récipient) et de moins refroidir le four, sans compter que la main-d'œuvre est légèrement réduite.

Nous avons mentionné déjà (*Bulletin* de juillet, page 69) quelques données relatives à ces appareils; on en rencontre beaucoup provenant des ateliers de Lauchhammer (Riesa, en Saxe), et plus récemment la Société de construction de Benrath en a fourni un certain nombre; nous reproduisons *(fig. 18)* le dessin d'un chargeur du type bas qui est le plus employé; il a été livré notamment aux usines suivantes de Westphalie :

Deutscher Kaiser, à Bruckhausen;
Westphälische Stahlwerke, à Bochum;
Société Union, à Dortmund;
Gutehoffnungshütte, à Oberhausen.

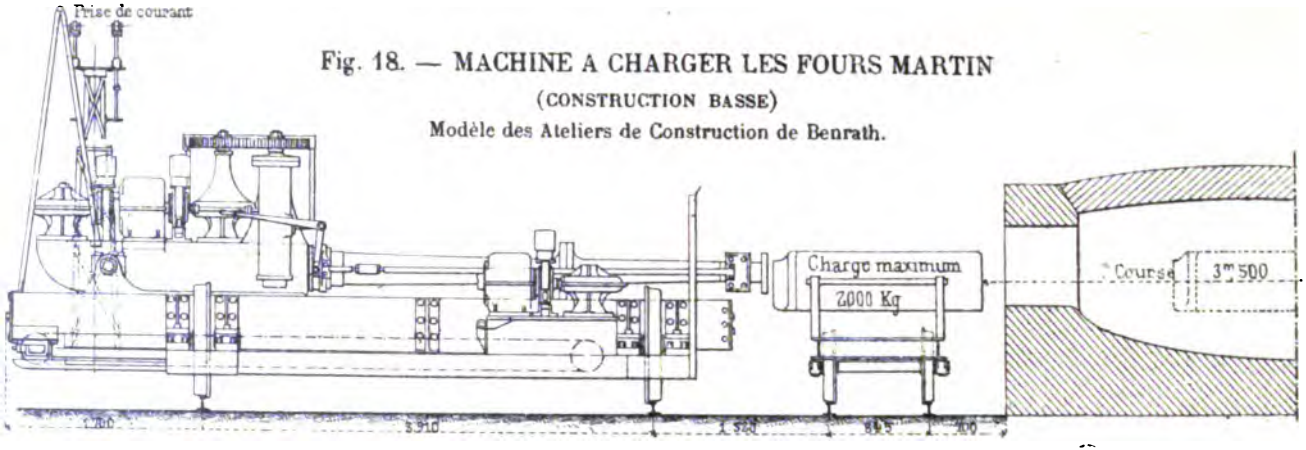
La construction suspendue sur charpente métallique, qui n'est autre que le système Wellmann modifié *(fig. 19)*, n'a été fournie jusqu'à présent par les ateliers de Benrath qu'en deux exemplaires, savoir : aux usines de Rombach (Lorraine) et à MM. de Wendel, à Hayange.

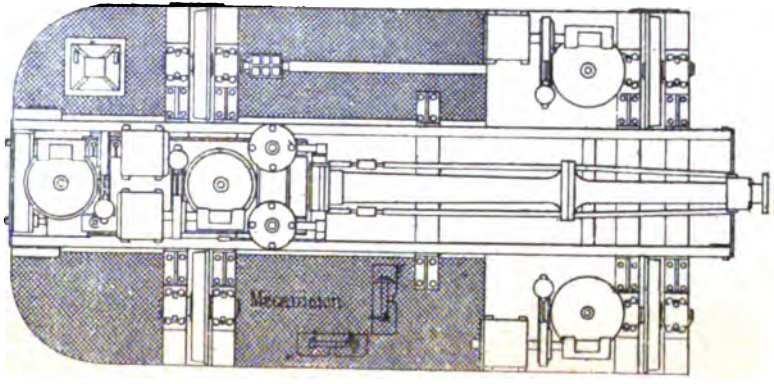
D'autres constructeurs, tels que Stuckenholz et C^ie^, par exemple, suspendent simplement le chargeur à un pont roulant qui dessert les fours Martin du côté des portes; cette disposition, qui n'est pas toujours applicable dans des aciéries anciennes, a l'avantage de laisser la plate-forme de chargement complètement libre, ce qui n'est pas le cas avec chargeurs sur rails plus encombrants et nécessitant des fondations plus solides sous cette plate-forme.

Fig. 18. — MACHINE A CHARGER LES FOURS MARTIN

(CONSTRUCTION BASSE)

Modèle des Ateliers de Construction de Benrath.





Légende

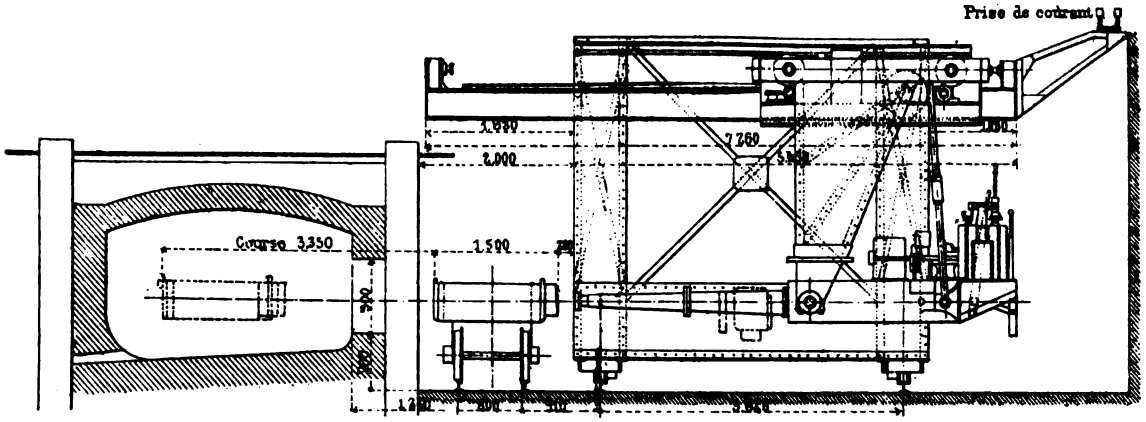
Charge du récipient - 2000 Kg.

Vitesse de levée du récipient 6m par min ..... 16 HP

Vitesse de renversement du récipient 10 à 12 fois par min. 12 H.P

Vitesse d'avancement du récipient 25m par min ..... 12 HP.

Vitesse de déplacement du chariot sur les rails 60m par min 12 H.P



Légende

Charge du récipient 2000 Kg.

Vitesse de levée du récipient 7m20 par min ..... 12 H.P.

Vitesse de renversement du récipient 10 à 12 fois par min 12 H.P.

Vitesse d'avancement du récipient 25m par min. ..... 12 H.P.

Vitesse du roulement de la machine 60m par min ..... 12 H.P.

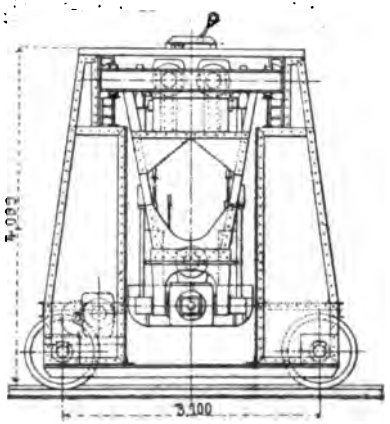


Fig. 19. — MACHINE A CHARGER LES FOURS MARTIN
Construction suspendue, Système WELLMAN modifié.
Ateliers de Construction de Benrath.

La *consommation de houille* varie, suivant la marche des fours, de 250 à 300 *kg* par tonne d'acier (lingots), ce qui répond, pour un prix de M. 13 la tonne, à une quote de combustible de M. 3,25 à M. 3,90 par tonne de lingots.

Quant aux *lingotières*, nous les avons vu employer de toutes formes et de toutes grandeurs, suivant la destination de l'acier.

Nous ne pouvons entrer dans ces détails, mais constaterons que certains fondeurs se sont fait une spécialité de la fabrication des lingotières qui supportent généralement 150 et souvent 200 coulées (1) (Gutehoffnungshütte, Niederrh. Hütte, Junkerath).

La fonte de ces lingotières contient en moyenne de 0,08 à 0,09 0/0 Ph. et 0,05 0/0 S. et les aciéries bien conduites analysent chaque lingotière, non pas au point de vue de la résistance, mais en raison de l'emploi ultérieur comme fonte au four Martin.

Nous donnerons quelques analyses de *fer fondu* fabriqué en marche normale dans un four Martin basique à 30 0/0 de fonte et 70 0/0 de ferrailles diverses :

	Carbone.	Manganèse.	Phosphore.	Soufre.	Cuivre.	Arsenic.
	—	—	—	—	—	—
Fer fondu ordinaire. .	0,08	0,42	0,023	0,045	0,102	0,02
— —	0,12	0,46	0,030	0,054	0,108	0,03
— —	0,10	0,44	0,016	0,048	0,108	0,02
Qualité tôle de chaudières.	0,24	0,50	0,037	0,054	0,105	—

Construction et dimensions des fours Martin.

La construction proprement dite des fours Martin ne présente en réalité rien de saillant qui mérite une mention spéciale; les voûtes surbaissées ne se trouvent plus que dans quelques fours très anciens; les orifices de gaz sont généralement au nombre de trois à quatre sur chaque face; l'air est amené fréquemment au-dessus par une seule ouverture en arc de cercle.

La *construction de la sole* étant de première importance, presque toutes les aciéries disposent d'ateliers mécaniques spéciaux pour la préparation de la dolomie; nous donnons le dessin d'un atelier simple construit par E. Lœis et Cie, pour la Charlottenhütte, à Niederschelden *(fig. 20)*.

(1) Ceci ne s'applique, pour petites lingotières surtout, qu'à la coulée en source, la coulée directe usant les lingotières plus rapidement si le jet d'acier est mal dirigé; pour grands lingots on se sert fréquemment d'entonnoirs placés au-dessus de la lingotière, le fond étant garni de matière réfractaire.

Nous avons été à même de remarquer, dans de nombreux cas, l'emploi de briques de magnésie profilées et placées de champ, formant ainsi une assise neutre sur les plaques de fonte de la sole et jouant le rôle du minerai de chrome dans les fours Valton-Remaury; les percées, qui ont lieu très facilement si la sole est établie seulement en dolomie, lorsqu'un grain de quartz se trouve

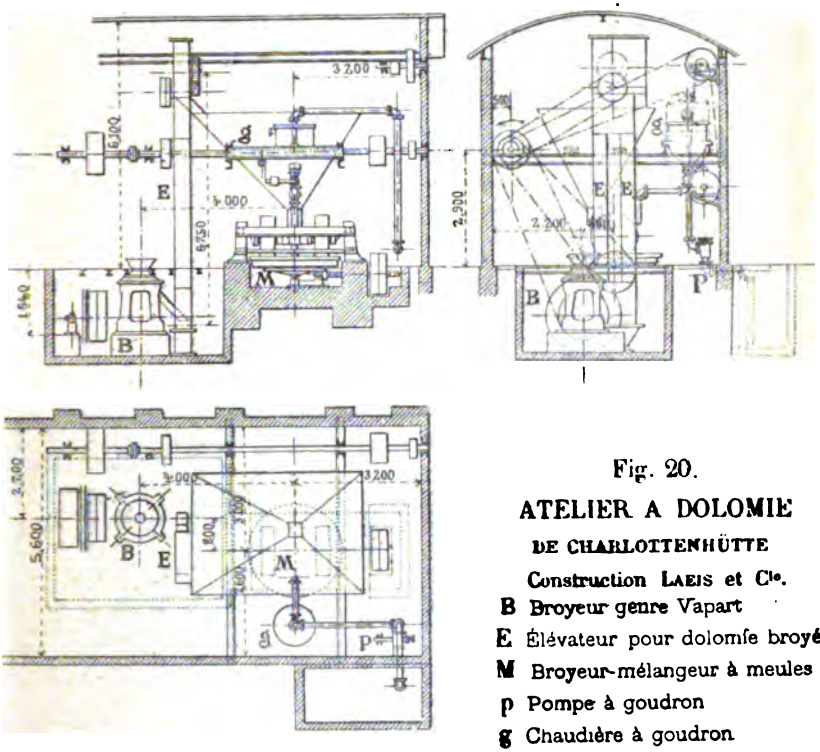


Fig. 20.

ATELIER A DOLOMIE

DE CHARLOTTENHÜTTE

Construction LAEIS et Cie.

B Broyeur genre Vapart

E Élévateur pour dolomie broyée

M Broyeur-mélangeur à meules

p Pompe à goudron

g Chaudière à goudron

par exemple mélangé aux matières chargées, sont complètement évitées, ce qui est d'autant plus important que les chambres sont placées toujours en dessous du four.

Quant aux *chambres*, avec ou sans sacs à poussières, on a reconnu depuis longtemps qu'elles devaient être aussi grandes que possible; aussi ce principe est-il suivi presque partout.

Les dimensions usitées ressortent du tableau ci-joint.

Les fours indiqués de I à VIII inclus sont des fours plus anciens dont la marche laissait quelquefois à désirer; les nos IX à XIII sont des fours modernes installés dans des usines allemandes et dont l'allure est très satisfaisante; le four n° XIV, construit pour 40 *t*. a des chambres un peu trop petites, aussi les charges y

Dimensions principales de fours Martin.

DÉSIGNATION	POIDS d'une charge	SOLE DU FOUR			Sections des orifices		CHAMBRES A AIR					CHAMBRES A GAZ					HAUTEUR entre sole et voûte
		longueur	largeur	surface	gaz	air	longueur	largeur	hauteur	volume total	vol. p. tonne de charge	longueur	largeur	hauteur	volume total	vol. p. tonne de charge	
	t	*mm*	*mm*	m^2	cm^2	cm^2	*mm*	*mm*	*mm*	m^3	m^3	*mm*	*mm*	*mm*	m^3	m^3	*mm*
I_H	7,0	3 600	2 300	8,28	1 570	2 180	2 600	2 100	1 340	7,300	1,04	2 600	1 070	2 100	5,840	0,84	1 220
II_M	7,0	4 200	1 900	8,00	2 300	2 300	2 750	3 350	1 200	11,060	1,58	2 700	1 200	3 350	11,060	1,58	1 100
III_P	7,0	3 720	1 920	7,14	2 102	3 350	3 000	2 700	2 240	20,140	2,88	3 000	1 760	2 700	14,260	2,04	1 250
IV_R	8,0	4 400	2 300	10,28	2 080	2 400	2 600	3 450	1 500	13,450	1,68	2 600	1 500	3 850	15,000	1,88	1 370
V_F	10,0	3 800	2 680	10,20	2 200	3 900	3 000	3 800	2 240	25,840	2,58	3 000	1 760	3 800	20,060	2,01	1 230
VI_K	10,0	4 000	2 300	9,20	3 000	3 400	2 900	4 000	1 900	22,050	2,20	2 900	1 600	4 000	18,560	1,86	1 340
VII_T	10,0	4 500	2 300	10,35	4 000	4 000	3 000	4 130	1 850	22,920	2,30	3 000	1 500	4 130	18,590	1,86	1 250
$VIII_R$	13,0	4 400	2 800	12,32	3 300	3 300	3 200	3 850	1 500	18,480	1,42	3 200	1 500	3 850	18,480	1,42	1 420
IX_B	13,0	7 000	2 300	13,80	1 200	2 600	3 000	3 200	4 120	39,550	3,04	2 750	3 200	4 120	36,260	2,79	1 450
X_{RP}	15,0	7 000	2 500	17,50	2 500	4 200	3 160	2 200	3 700	25,720	1,72	3 160	1 500	3 700	17,538	1,17	1 700
XI_T	18,0	7 000	2 760	19,32	2 880	5 400	2 900	4 800	4 140	57,630	3,20	2 500	4 500	4 140	46,580	2,59	1 600
XII_H	20,0	7 000	2 900	20,30	3 217	3 850	4 030	2 900	3 880	45,350	2,27	4 030	2 300	3 880	35,960	1,79	1 580
$XIII_S$	24,0	7 000	3 550	24,35	2 688	6 460	2 000	4 300	5 050	43,430	1,80	2 000	4 300	5 050	43,430	1,81	2 150
XIV_K	40,0	8 450	3 350	30,00	5 585	4 150	3 000	4 000	3 920	40,000	1,00	3 000	1 700	3 920	20,000	0,50	2 340
XV_{BI}	40,0	6 500	3 700	24,00	4 578	4 200	3 500	3 500	4 570	56,000	1,40	3 500	3 500	4 570	56,000	1,40	2 350
XVI_{CS}	40,0	8 000	3 800	30,40	2 500	3 900	4 000	4 000	4 630	74,000	1,85	4 000	4 000	4 630	74,000	1,85	2 900
$XVII_L$	30,0	8 400	3 600	30,25	3 000	6 000	3 000	2 500	3 240	23,300	0,78	2 500	2 680	3 240	21,700	0,73	1 700

durent-elles plus longtemps que dans les précédents; il ne fonctionne bien qu'avec charges de 30 *t*.

Les nos XV à XVII sont des fours Martin américains que nous mentionnons comme point de comparaison avec les fours allemands, mais qui ont des proportions différant absolument de ceux-ci et dont nous ne croyons pas devoir conseiller l'application dans nos conditions européennes; les volumes des chambres, notamment de celles du four $XVII_L$, nous semblent tout à fait insuffisants.

Briques réfractaires.

Les briques employées pour les voûtes des fours sont toutes fabriquées en Allemagne; il se trouve, dans la région du Rhin et de la Westphalie, de nombreuses usines basées sur d'excellentes matières premières; des analyses, publiées entre autres par la Société d'Arloff, nous fournissent les compositions suivantes:

a) *Matières premières.*

	Al^2O^3	SiO^2	Fe^2O^3
Argile noire grasse crue	41,60	55,80	1,97
— bleue —	38,61	58,02	2,07
— grise —	36,25	61,04	1,65
— grise demi-grasse crue	30,38	67,20	1,52
— maigre crue	22,60	74,90	1,50
Quartz (traces de chaux)	1,71	96,75	0,13

b) *Produits fabriqués.*

Mortier siliceux	5,18	91,95	0,59
Briques de silice pure	2,61	95,20	0,39
— Dinas anglaises	2,73	94,30	0,80
— — allemandes	6,50	90,60	1,56
— pour garnissage de poches, etc.	35,20	62,40	1,79
— spéciales pour hauts fourneaux.	40,40	57,05	1,50
Briques argileuses diverses pour tous usages avec teneurs en argile déterminées. 1.	37,40	60,40	1,70
2.	33,90	63,05	2,00
3.	28,60	68,41	1,98
4.	25,12	72,01	1,70
5.	24,30	72,08	1,94

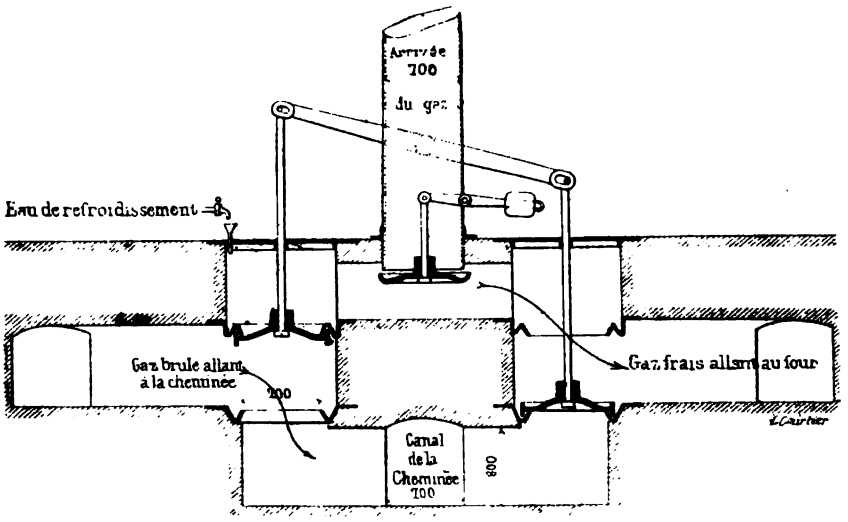
Signalons encore un produit destiné à enduire les briques réfractaires sur la face exposée au feu, et qui a donné, dans certains cas, de bons résultats; nous ne croyons pas devoir, cependant, en conseiller l'emploi dans les parties de fours exposées à

être éclaboussées par la scorie ; cette masse est faite avec du « carborundum » étendu au pinceau en épaisseur d'environ 1/2 *mm*, et il en faut 1,2 *kg* par mètre carré ; le prix actuel est de M. 4 le kilogramme pris à Dusseldorf.

Valves de renversement.

Nous avons vu précédement (***Bulletin*** de juillet, page 68), que l'on employait aujourd'hui surtout des valves à cloche ou autres de préférence aux papillons, et avons décrit la valve Forter, qui figurait à l'Exposition de Dusseldorf ; nous sommes en mesure de donner, aujourd'hui, le dessin d'une disposition simple à clapets

Fig. 21 — VALVE DE RENVERSEMENT
pour fours Martin. — Const^on^ avec maçonnerie



placés dans un massif de maçonnerie *(fig. 21)*, et qui est appliquée dans quelques usines ; les sièges sont refroidis par un filet d'eau tombant de la rigole supérieure dans la rigole inférieure.

Nous préférons toutefois, à cette construction avec maçonneries, celle brevetée récemment aux usines d'Aplerbeck, qui réunit dans une même caisse métallique tout l'appareil mobile, comme pour la valve Forter *(fig. 22)* ; il ressort du dessin que la construction est simple et complètement étanche, que les valves peuvent se dilater en tous sens sans se gondoler ni se coincer, et qu'enfin l'on peut changer les pièces facilement même en marche.

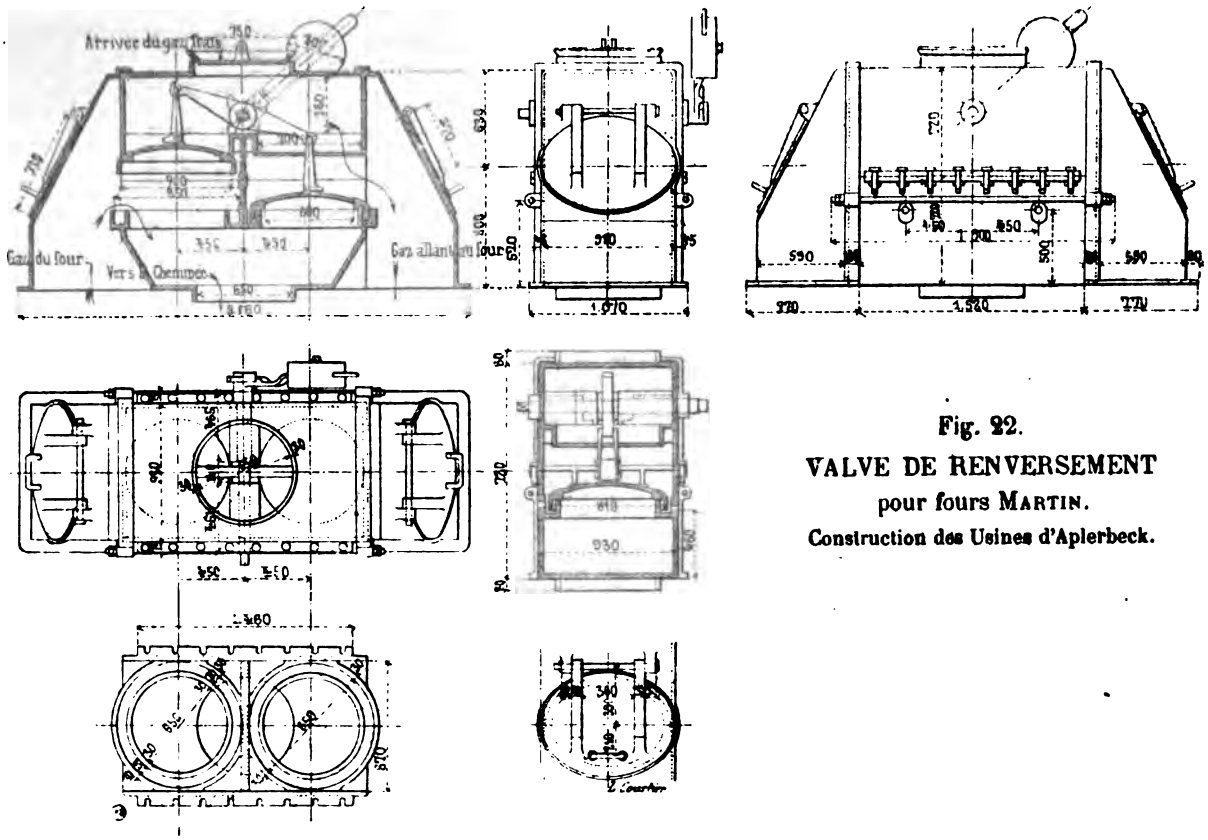


Fig. 22.

VALVE DE RENVERSEMENT

pour fours MARTIN.

Construction des Usines d'Aplerbeck.

Gazogènes pour fours Martin.

La nature du charbon de la Ruhr ne donnant lieu à aucune difficulté au point de vue de sa gazéification, certaines usines emploient encore le gazogène Siemens à grille et soufflé (injecteur Koerting) ; beaucoup utilisent cependant les gazogènes de section circulaire soufflés à la vapeur, de préférence au ventilateur; la vapeur empêchant la formation de mâchefer adhérant aux barreaux; le foyer est entouré d'une cloche en tôle à joint hydraulique et le décrassage ne se fait, suivant les teneurs en cendres du combustible, que deux à trois fois en vingt-quatre heures (1).

La hauteur du combustible est généralement de 2,50 à 3 *m* ; la vapeur à 6-7 *kg* fournit, par les injecteurs Koerting à tuyères de 8 *mm*, une pression de 110 *mm* d'eau sous la grille ; le charbon n'ayant que 5 à 8 0/0 de cendres, le décrassage est facile.

Nous signalerons encore l'emploi fréquent de l'obturation à jet de vapeur de la trémie de chargement et des orifices de ringardage.

Eu égard au développement que tendent à prendre les lignites du bassin de Cologne-Bonn, les usines situées dans ce bassin auraient, ce nous semble, un certain intérêt à en développer l'emploi; elles trouveraient des exemples pratiques dans certains établissements de Styrie et de Bohême, les gazogènes à lignites étant caractérisés par leur grande dimension et par l'épaisseur de la couche de combustible à déterminer suivant des teneurs en cendres, en eau et en goudrons du lignite disponible.

Emploi du gaz a l'eau pour fours Martin.

Le gaz à l'eau a été employé déjà industriellement depuis longtemps, et nous devons mentionner l'installation de fours Martin qui existait à Witkowitz (Moravie) en 1887, mais a été supprimée comme peu économique; on produisait alors deux

(1) Le décrassage par scorification n'est pas employé en Westphalie ; nous rappellerons que ce procédé, appliqué pour la première fois en 1885, à Witkowitz, par M. Sailler, consiste à ajouter à la charge de houille, une proportion de chaux ou de castine déterminée d'après la teneur en cendres et la nature de celles-ci ; les cendres sont ainsi simplement scorifiées et s'écoulent, d'une façon continue, par un trou de coulée ménagé au bas de la sole inclinée ; ce mode de procéder n'est cependant applicable pratiquement qu'en cas de qualité régulière du combustible, d'une teneur en cendres de 8 à 10 0/0 au maximum, et d'une composition de ces cendres donnant une scorie fusible, ainsi que nous en avons fait personnellement l'expérience.

sortes de gaz alternativement, le gaz hydrogéné allant aux fours Martin et le gaz ordinaire étant envoyé aux chaudières.

Les perfectionnements apportés au système permettent cependant aujourd'hui de travailler à un seul gazogène produisant régulièrement du gaz à l'eau seul ; aussi trouvons-nous en Allemagne trois aciéries employant le gazogène Dellwick-Fleischer, savoir :

1° La Gutehoffnungshütte à Sterkrade-Oberhausen, qui a installé deux gazogènes fournissant chacun 250 à 320 m^3 de gaz par heure à un four Martin pour moulages d'acier ;

2° Les aciéries de Peine-Hanovre, avec un gazogène de 500 à 650 m^3 par heure ;

3° L'usine de Reinickendorf près Berlin, avec un gazogène de 250 à 320 m^3.

Le rendement en gaz des gazogènes Dellwick-Fleischer est de 2 m^3 par kilogramme de coke, et de 1,5 m^3 par kilogramme de houille ; si l'on travaille en gaz mixte (3/4 gaz à l'eau 1/4 gaz Co) le rendement par kilogramme de houille s'élève à 2.3 m^3 par kilogramme (1).

L'analyse moyenne du gaz à l'eau donne :

Hydrogène	51	0/0
Oxyde de carbone	40	—
Acide carbonique	3,5	—
Azote	4,3	—
Méthane	0,7	—
Oxygène	0,5	—

IX. — **Moulages d'acier.**

Les produits en acier moulé ont été étudiés en détail à l'occasion de l'exposition de Dusseldorf (*Bulletin* de juillet 1902, pages 72 à 81), nous n'avons donc que peu de chose à en dire ici. D'autre part, la nomenclature que nous avons établie (page 63) permet de se rendre compte du nombre d'usines fabriquant le moulage en acier Martin, soit exclusivement, soit concurremment avec d'autres produits ; il y a aussi certaines usines, moins nombreuses cependant, qui se servent du creuset, telles que les fon-

(1) Nous croyons devoir noter, en passant, que la puissance calorifique du gaz à l'eau obtenu aux appareils Dellwick-Fleischer atteint, pour le gaz pur avec coke 2 550 calories, avec charbon 2 760 calories, tandis que le gaz mixte à trois quarts de gaz à l'eau fournit 2 100 calories ; les consommations de ces gaz dans un moteur à gaz comportent 0,8 — 0,85 et 0,9 m^3 par cheval-heure effectif.

deries Mœnkemœller, à Bonn, de Klettenberg (Leffer-Bosshardt) et de Fremerey et Stamm (Meteorguss) à Cologne-Sülz et qui fabriquent en même temps la fonte malléable et les pièces moulées de toute dureté.

Nous devons signaler, toutefois, l'emploi de la *scie à froid* pour couper les masselottes des grosses pièces en acier moulé (étambots, etc.), et que nous avons vu fonctionner entre autres, à l'aciérie Haniel et Lueg, à Dusseldorf; ces scies sont construites par E. Schiess en deux modèles; nous donnons *(fig. 23)* le dessin du plus petit. Les scies actionnées par électromoteur répondent aux données suivantes :

	Petit modèle.	Grand modèle.
Écartement maximum de l'axe porte-scie de l'axe de la colonne . . . . . *mm*	2 000	3 750
Écartement minimum de l'axe porte-scie de l'axe de la colonne. . . . . *mm*	850	1 300
Course verticale du chariot porte-scie *mm*	250	400
Hauteur maximum de la scie au-dessus de la base de la colonne. . . . . *mm*	1 100	1 370
Hauteur minimum de la scie au-dessus de la base de la colonne. . . . . *mm*	850	970
Vitesse de la scie : tours par minute . .	4-5-7	2,8-3,6-4,5
Force nécessaire à l'électromoteur . . *ch*	8	12
Poids total de la machine . . . . . *kg*	7 250	20 000

Les *machines à mouler* s'emploient aussi dans certaines usines; c'est ainsi que la « Bergische Stahlindustrie, à Remscheid, dispose de quatre-vingt-douze machines fournies principalement par Bopp et Reuter, de Mannheim, par la Société de Hainholz, etc. Quelques-unes ont été construites à l'usine même.

Pour les moulages en acier, la marine allemande fixe généralement :

$$R = 40 \text{ à } 50 \text{ } kg, \qquad \text{Allongement 18 à 20 0/0,}$$

les chemins de fer pour moulages en fer fondu :

$$R = 37 \text{ à } 44 \text{ } kg, \qquad \text{Allongement 20 0/0 minimum,}$$

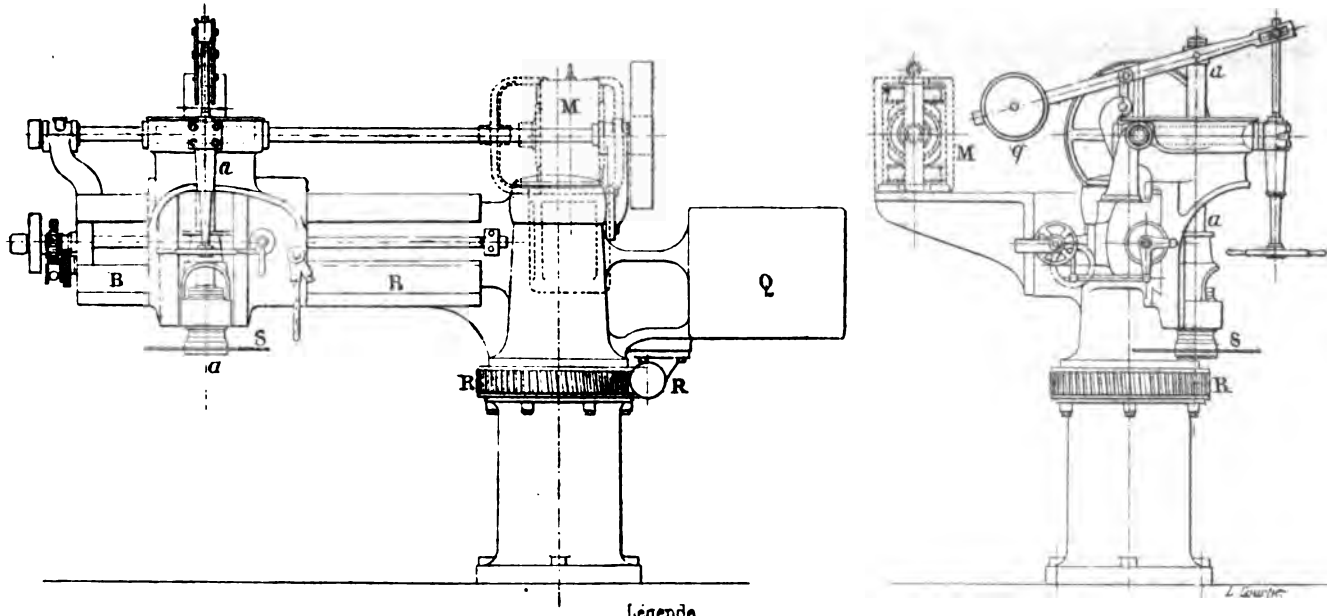
et pour moulages en acier :

$$R = 50 \text{ à } 60 \text{ } kg, \qquad \text{Allongement 12 0/0 minimum.}$$

Lorsque ces prescriptions n'existent pas, les usines de Rem-

Fig. 23. — SCIE A FROID POUR MASSELOTTES DE MOULAGES D'ACIER

Construction E. SCHIESS, de Düsseldorf.



Légende

S Scie à froid proprement dite montée sur un axe mobile verticalement *a a*

Q Caisse à contrepoids du porte-scie B

q Contrepoids de l'axe vertical porte-scie *a a*

M Dynamo motrice 8 chevaux

R Mouvement de rotation du porte-scie B

scheid classent leurs moulages en acier Martin en quatre catégories, savoir :

1° Moulages en fer fondu = R < 40 *kg*, allongement > 20 0/0 appliqués aux dynamos par exemple;

2° Moulages en acier à grande ténacité R = 45 à 55 *kg*, allongement 16 à 22 0/0, destinés à toutes pièces de machines devant être travaillées, telles que roues dentées, pièces pour locomotives, glissières, etc.;

3° Moulages en acier dur et tenace R = 60 à 70 *kg*, allongement 8 à 16 0/0, pour pièces soumises à l'usure, mais devant pouvoir être travaillées ou bien soumises à des chocs;

4° Moulages en acier dur R = 95 à 105 *kg*, allongement 1 à 6 0/0, pour pièces soumises à une forte usure (broyeurs, etc.).

Les *roues en acier* forment une catégorie à part; celles pour wagonnets sont coulées en acier de 55 à 65 *kg* de résistance à la rupture et de 10 à 16 0/0 d'allongement.

X. — Aciers au creuset.

Les aciéries au creuset sont trop nombreuses en Westphalie, pour que nous puissions en donner une nomenclature; quelques-unes ont été citées déjà dans notre étude sur l'Exposition de Dusseldorf.

La spécialité des aciers au creuset paraît cependant se concentrer dans la région de Hagen et de Remscheid; l'une des plus importantes aciéries au creuset de ce district, est celle de la « Bergische Stahlindustrie » qui, à côté de ses cinq fours Martin à sole basique, dispose de cinq fours au gaz pouvant contenir chacun vingt-quatre creusets; ces creusets sont en argile et graphite et ne servent qu'une seule fois; l'usine les fabrique elle-même et le séchage méthodique, ainsi que le passage du creuset à la température du four de fusion sont l'objet de soins spéciaux; les séchoirs sont disposés pour recevoir jusqu'à 30 000 creusets, les fours de cémentation ont été installés, d'autre part, pour préparer le fer de Suède (Daunemora) destiné à la fabrication des aciers à outils.

Nous reproduisons ci-dessous une série d'essais faits sur des aciers de diverses duretés de cette usine, et qui présentent aussi un certain intérêt en raison des différences obtenues pour l'allongement sur 200 et sur 100 *mm* avec la même barrette.

Essais faits sur des aciers de diverses duretés

à l'aciérie de la Bergische Stahlindustrie.

	LES BARRETTES ONT ÉTÉ PRÉLEVÉES SUR	CHARGE de RUPTURE kilogr. par millimètre carré	LIMITE D'ÉLASTICITÉ		ALLONGEMENT 0/0		CONCENTRATION 0/0	CHIFFRE de QUALITÉ R + Contraction
			kilogr. par millimètre carré	en 0/0 de la charge de rupture	sur 200 *mm*	sur 100 *mm*		
1	Barre laminée de 40 × 65 *mm*.	40,2	—	—	29,5	38,0	63,0	103,2
2	Acier rond laminé de 30 *mm*.	48,0	—	—	23,5	30,0	60,0	108,0
3	Essieu forgé	56,2	38,8	69	20,0	25,0	57,1	113,3
4	Billette laminée de 50 × 50 *mm*	69,3	42,3	61	18,0	24,0	46,3	115,6
5	Barre ronde forgée de 40 *mm*	79,4	46,9	59	13,0	17,0	46,2	125,6
6	Acier au nickel forgé demi-dur.	61,8	43,9	71	18,0	23,5	54,4	116,2
7	Id. dur	84,6	57,2	68	12,5	17,0	37,8	122,4

Nous avons indiqué précédemment la classification des aciers Krupp (1); les usines de Remscheid ont une classification différente appliquée principalement aux aciers Martin, tandis que pour les aciers à outils, elles ont adopté des désignations spéciales analogues à celles de tous les fabricants de ces aciers, et fabriquent ces derniers avec tungstène, chrome, manganèse, suivant les cas.

Les teneurs en carbone correspondant aux divers emplois des aciers de Remscheid sont, par exemple, les suivantes :

1,5 0/0 C = pour travailler des pièces simples mais très dures;
1,3 0/0 C = outils de tour et de raboteuses, limes à affûter les scies;
1,1 0/0 C = outils de tour, rasoirs, burins et limes, tarauds, petites fraises, etc.;
1 0/0 C = burins, fleurets de mine en terrain dur, grandes fraises, limes bâtardes;
0,9 0/0 C = poinçons, petites lames de cisaille, grandes fraises à fortes entailles, etc.;
0,8 et 0,7 0/0 C = matrices, lames pour le travail du bois, marteaux, etc.

Les usines Krupp ont publié, de leur côté, de nombreux résultats d'essais faits sur des pièces en acier au creuset; nous en reproduisons quelques-uns :

		CHARGE de RUPTURE kilogr. par mill.carr.	LIMITE d'élasticité kilogr. par mill.carr.	ALLONGEMENT sur 100 *mm* 0/0	CONTRACTION 0/0
1	Essieu en acier au creuset ordinaire	57,9	34,1	21,9	60,0
2	Essieu en acier au creuset au nickel	76,9	52,2	17,6	61,0
3	Étui de cartouche en acier au nickel	77,3	63,0	11,4	—
4	Id. Id.	59,9	48,7	15,2	—
5	Lance-torpilles en acier au nickel .	84,9	56,6	31,2	56,6
6	Id. Id. .	76,2	57,8	17,9	58,3

La plus grande aciérie au creuset en Europe est celle des usines Krupp, à Essen, qui comprend 18 fours à gaz pouvant

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France*, de juillet 1902, pages 61, 62 et 63.

contenir chacun de 100 à 106 creusets de 45 *kg*; c'est ainsi que l'on a pu couler le grand arbre de couche figurant à l'Exposition de Dusseldorf et dont le lingot brut pesait 70000 *kg*.

Les fours à creusets de l'usine Krupp sont placés sous des appentis, ainsi que huit fours à chauffer les creusets chargés, et contenant chacun deux cents creusets; le centre de la halle est desservi par des ponts roulants électriques; la coulée se faisant directement du creuset dans les moules, le personnel est organisé pour les manœuvres à faire. Chaque creuset ne sert qu'à une coulée, ce qui est nécessaire pour obtenir avec une sécurité complète les qualités régulières demandées par les fournitures à la marine et à la guerre.

La plupart des nouvelles aciéries au creuset ont des fours à gaz placés au-dessus du sol avec défournement latéral, mais on rencontre encore de nombreux fours en sous-sol; ces derniers offrent plus de difficultés aux ouvriers, mais sont préférés par certains ingénieurs, en ce sens que le creuset peut être facilement remis en place aussitôt après la coulée, puis rechargé sans être refroidi, ce qui permet d'augmenter le nombre de coulées avec le même creuset lorsque l'on n'est pas tenu au principe de la coulée unique comme chez Krupp.

XI. — **Fabrication du fer puddlé.**

Si l'on se reporte au tableau synoptique (page 63) on remarquera que de nombreuses grandes usines ont gardé encore le four à puddler pour certaines fabrications spéciales; nous signalerons, notamment, la Gutehoffnungshütte (fers à rivets, chaînes, etc.), la Société Union, à Dortmund, les usines Krupp (fers pour les aciers au creuset, millbars et profilés en fer brut pour fabrication de centres de roues soudés, tôles de fer en corroyés, etc.); les établissements de Menden et Schwerte, les usines à tubes de Dusseldorf, celles des laminoirs Pœnsgen (larges plats pour tubes soudés laminés), Thyssen et C°, à Mülheim, etc.

A côté de ces grandes usines qui produisent le fer puddlé en même temps que les aciers Thomas ou Martin, il y en a toute une série qui travaillent uniquement au four à puddler; sans entrer dans des détails qui nous entraîneraient trop loin, nous nous contenterons de donner les répartitions suivantes des fours à puddler en Allemagne :

	Nombre d'usines.	Nombre de fours.
Provinces du Rhin et de la Westphalie . . .	59	631
Lorraine allemande (Ars-sur-Moselle et Hombourg)	2	16
Alsace (usine de Dietrich, à Niederbronn). .	1	6
District de la Saar (Stumm et de Wendel) .	2	52
Allemagne du Sud (Thuringe, Palatinat) . .	3	33
Allemagne du Nord (Brunswick).	1	?
Saxe (Marienhütte, à Cainsdorf).	1	5
Haute-Silésie	11	287
Totaux pour l'Allemagne entière . .	80	1 030

Le tableau ci-contre permet, d'autre part, de se rendre compte de la répartition et de la variation des divers produits en fer puddlé dans les usines du district de Dortmund, de 1880 à 1900.

Nous remarquons, tout d'abord, une réduction du *nombre d'usines* fabriquant le fer puddlé de 69 à 39, soit de 43 0/0, ce qui est dû, évidemment, à la suppression successive des établissements de moindre importance ayant dû céder devant les prix de revient plus faibles des grandes entreprises, notamment de celles fabriquant elles-mêmes leurs matières premières et mieux outillées.

La *consommation de matière* a toujours oscillé entre 1 100 et 1 400 0/00 et diminue en proportion de l'emploi de fours à gaz réduisant le déchet au feu et permettant des additions de scories et battitures qui ne sont généralement pas comptées dans les chiffres de consommation.

Le point le plus intéressant ressortant de ce tableau est que, si la *proportion en fer* puddlé dans la production totale du district de Dortmund a diminué par suite du développement de la production en fer fondu, le total de fer puddlé fabriqué se trouve moins sensiblement réduit qu'on ne l'aurait supposé ; en effet, de 1880 à 1900 nous ne trouvons qu'une diminution du tonnage annuel de 138 300 *t*, soit de 30 0/0, après un maximum de 543 800 *t* en 1899.

Nous constaterons encore ce fait, qui peut paraître curieux, c'est que la fabrication de *rails en fer* corroyé à champignon en acier puddlé, qui avait disparu en 1896, a repris subitement et a atteint, en 1900, le chiffre de 17 200 *t* ; ceci est dû évidemment

à la demande de rails à prix élevés à laquelle les aciéries Thomas ne pouvaient sans doute suffire pendant cette période de hausse ; nous n'avons pas trouvé d'autre explication à cette anomalie apparente.

Quant aux *laminés du commerce*, ils sont toujours demandés pour certaines fabrications spéciales (chaînes, rivets, etc.) pour lesquelles on exige encore des qualités déterminées (soudure) que le fer fondu ne présente pas toujours avec la sécurité désirable.

La fabrication des *tôles de fer* puddlé qui, dans les pays neufs tels que la Russie, par exemple, est pour ainsi dire complètement abandonnée, est encore en vigueur en Westphalie, la production ayant atteint 38 800 *t* en 1900, après avoir passé, en 1893, par un minimum de 25 000 *t* ; ce fait tendrait à prouver simplement que les préjugés des constructeurs de chaudières existent toujours et que le puddlage, dont on prévoit la disparition depuis plus de quinze années, a réussi à se maintenir dans une partie des positions acquises ; cela ressort bien plus encore des chiffres de production des *tubes* en fer laminés et soudés qui, de 1 000 *t* en 1880, se sont élevés, en 1898, à un maximum de 17 000 *t* et se sont maintenus, en 1900, à 14 400 *t* ; dans ce cas, la nécessité d'une soudure rapide en une seule chaude, soudure qui, avec le fer fondu, nécessite souvent une chaude supplémentaire, a amené de nombreux fabricants à poursuivre la fabrication de fer puddlé spécialement pour plats à tubes.

Quant au *fil de fer*, la réduction de la production de 131 000 *t* à 17 000 *t*, soit de 87 0/0, s'explique par ce fait que le fer fondu donne moins de rebuts que le fer puddlé et qu'il répond à toutes les exigences de la télégraphie et de la mécanique au moins aussi bien que ce dernier (1).

Nous ne pouvons étudier ici la fabrication du fer dans ses détails et devons mentionner seulement ce fait que les perfectionnements apportés principalement à cette industrie dans certaines usines d'Autriche, ont été presque complètement négligés en Westphalie ; la plupart des fours sont, soit simples à charges de 250 à 350 *kg*, soit doubles (500 à 600 *kg*) avec foyers à grille à feu direct et chaudières à la suite ; on y brûle des charbons à gaz à longue flamme *(gasflammkohle)*.

Dans certains cas, relativement rares, on rencontre le four

(1) Il est intéressant de comparer les chiffres du tableau des productions de fer puddlé avec le tableau analogue pour produits en fer fondu (page 142).

Production de fers et aciers puddlés et corroyés

ANNÉE	NOMBRE D'USINES	FONTE ET DÉCHETS consommés en 1000 *t*	DEMI-PRODUITS LOUPES et millbars		RAILS EN FER ACIÉRÉ		LAMINÉS DU COMMERCE profilés divers	
			1000 *t*	Valeur marks par tonne	1000 *t*	Valeur marks par tonne	1000 *t*	Valeur marks par tonne
1880	58	602,9	17,7	148,31	5,9	130,22	193,4	135,46
1881	69	630,2	18,0	125,30	6,5	124,48	210,1	134,59
1882	68	722,1	22,0	114,60	5,4	139,95	225,7	142,29
1883	65	640,8	18,2	103,83	4,4	133,17	209,0	136,19
1884	67	635,6	12,3	102,29	1,3	127,22	224,1	118,69
1885	66	597,1	10,1	92,21	1,2	108,79	221,4	110,60
1886	67	563,8	10,4	81,43	1,4	98,91	227,1	102,31
1887	58	620,4	15,5	70,33	0.9	97,13	282,3	106,29
1888	53	636,1	35,8	76,58	0,8	106,81	277,8	117,32
1889	51	692,7	27,1	87,45	1,8	108.74	300,0	127,64
1890	50	593,2	22,8	98,13	3,1	192,95	254,8	142,29
1891	50	557,9	22,9	99,65	2,3	220,02	242,1	126,86
1892	49	532,3	24,1	82,58	1,2	240,83	229,4	117,04
1893	44	469,9	24,4	76,58	13,4	125,32	207,5	118,77
1894	46	418,3	21,3	76,13	1,3	191,80	207,8	108,82
1895	47	359,6	22,2	75,67	0,2	157,58	182,7	110,34
1896	44	405,1	27,4	85,05	»	»	214,2	119,05
1897	43	387,8	24,8	95,84	0,4	198,04	183,6	129,44
1898	39	384,0	24,3	94,19	10,7	102,06	190,5	129,90
1899	41	418,4	27,1	107,96	13,6	110,29	220,4	147,31
1900	39	358,5	19,3	134,34	17,2	136,75	183,7	171,62

N.-B. — Les chiffres de production totale ne représentent pas les totaux exacts des productions de

du district de Dortmund de 1880 à 1900.

TOLES ET LARGES PLATS		FIL DE FER LAMINÉ		TUBES LAMINÉS-SOUDÉS		LAMINÉS DIVERS EN FER et en aciers spéciaux, pièces de machines, etc.		PRODUCTION TOTALE de produits laminés en fer et acier puddlés	
1 000 *t*	Valeur marks par tonne	1 000 *t*	Valeur marks par tonne	1 000 *t*	Valeur marks par tonne	1 000 *t*	Valeur marks par tonne	1 000 *t*	Valeur marks par tonne
69,5	197,45	130,9	148,83	1,0	380,91	13,3	156,07	449,5	151,61
82,8	191,32	126,2	136,76	0,02	238,01	18,8	190,60	477,6	147,60
103,4	209,06	136,1	146,27	2,7	297,79	24,4	176,00	533,7	158,15
91,8	206,89	116,2	140,65	4,2	292,77	23,6	146,96	480,6	152,04
92,5	179,31	111,8	128,54	4,1	291,11	26,3	170,61	479,9	136,71
82,8	163,41	97,7	118,38	4,7	247,56	24,2	178,78	447,5	126,90
86,8	147,99	88,2	108,73	6,4	283,47	19,5	162,37	441,9	116,95
84,8	147,54	85,5	108,22	8,7	238,87	15,9	204,97	494,7	117,78
83,0	152,00	85,9	112,70	9,6	258,21	17,1	211,24	511,9	124,77
74,8	178,73	109,3	114,64	8,4	298,96	21,2	234,93	543,8	136,01
66,7	199,39	59,1	136,48	6,8	299,21	25,4	251,62	441,7	154,96
62,5	173,16	61,3	131,97	6,1	248,85	29,0	203,79	417,8	140,78
56,2	157,63	58,6	121,83	4,8	189,89	17,9	229,61	394,0	127,14
25,0	138,19	31,1	121,98	9,3	207,39	13,3	306,52	336,4	125,58
34,0	144,15	27,8	117,41	10,2	190,57	14,5	289,10	321,8	120,66
31,0	136,91	25,2	114,23	11,8	206,56	14,6	304,84	287,7	122,84
33,9	149,57	23,6	121,06	15,5	237,58	14,5	358,48	329,2	133,29
44,7	158,25	22,3	132,86	15,2	297,78	16,0	360,83	307,1	148,82
44,1	166,18	21,8	135,60	17,7	277,41	18,9	382,51	328,0	149,44
47,9	175,51	19,8	143,86	12,4	282,22	20,2	420,78	361,5	161,19
38,8	194,65	17,0	178,75	14,4	283,75	20,7	431,06	311,2	187,26

détail, ce détail ne portant que sur les produits en fer les plus intéressants, classés par catégories.

réversible Piecka, tantôt à feu direct avec chaudière à la suite, tel qu'il avait été installé au début, tantôt au gaz avec régénérateurs horizontaux. Il paraît évident que dans la prévision continuelle de la suppression du puddlage, on n'a pas jugé utile de chercher à modifier en quoi que ce soit les installations anciennes.

Quant à la composition des fontes employées spécialement aux fours à puddler elle est variable suivant les disponibilités et suivant les produits à fabriquer (fers à nerf ou à grain, acier puddlé, fers destinés à la fabrication d'aciers au creuset) ; les fontes les plus usitées sont celles produites avec fer spathique de Siegen, hématites brunes de Nassau et scories de réchauffage, et avec les teneurs suivantes :

Carbone	2 à 3 0/0
Silicium	0,3 à 0,8
Manganèse	2 à 6
Phosphore	0,2 à 0,3
Soufre	0,01 à 0,04
Cuivre	0,2 à 0,3

On trouve les autres compositions de fontes de puddlage dans le tableau des fontes de la Niederrheinische Hütte, page 100.

XII. — **Fabrication des pièces de forge.**

La fabrication des pièces de forge en Westphalie, se trouve suffisamment illustrée par les produits de tous genres qui figuraient à l'Exposition de Dusseldorf (Bulletin de juillet, pages 81 à 91).

La plupart des grandes usines emploient aujourd'hui la presse à forger, soit du système Breuer-Schumacher, soit de Haniel-Lueg, décrite précédemment.

Aux usines Krupp les grands arbres de couche pour navires sont forgés dans deux presses anciennes du système Tannett et Walker à 600 *atm*; la rotation de la pièce à forger, suspendue à un pont roulant, est obtenue par chaîne de Gall actionnée par une tige à joints universels et pignons coniques, prenant son mouvement sur une dynamo placée sur le pont roulant.

Grâce à des outillages bien compris, certains établissements arrivent à livrer dans des délais extrêmement réduits les pièces les plus lourdes; c'est ainsi que les aciéries d'Oberbilk (Dusseldorf) ont pu couler, forger et tourner en *six jours et demi* une pièce de rechange (arbre de butée) pour arbre de couche de

navire destinée au transatlantique *Fürst Bismark*; le lingot pesait 32 000 *kg* et la pièce finie de tour avec rainures et brides tournées et percées 8 735 *kg*; la commande, qui avait été reçue le 25 août 1902, à 6 heures du soir, était prête, en effet, le 1er septembre à 3 heures de l'après-midi; la presse d'Oberbilk est une presse Breuer-Schumacher de 1 500 *t*, et la pression de vapeur de l'usine de 10 *kg*, la rotation de la pièce à forger est obtenue ici par cylindres hydrauliques, placés sur la presse même, ce qui est cependant moins pratique que la disposition ci-dessus mentionnée des usines Krupp.

Aux usines d'Oberhausen (Gutehoffnungshütte), la grande presse à forger est de 2 500 à 3 000 *t*, et on peut y travailler des lingots de 60 000 *kg*.

L'établissement Haniel et Lueg travaille avec une presse de 2 500 *t* de son système, desservie par trois fours à réchauffer dont les flammes perdues passent sous des chaudières placées au-dessus des fours; la presse est desservie par deux ponts roulants électriques dont tous les mouvements sont obtenus d'un poste central situé à côté de la presse sur le sol de l'atelier; là aussi la rotation de la pièce à forger est produite par chaîne ordinaire et cylindres hydrauliques. On forge sous cette presse des lingots pesant jusqu'à 50 000 *kg*.

La plupart des ateliers disposent aussi de marteaux-pilons de poids divers ne présentant rien de particulier et qui ont été installés pour la plupart avant les presses dont le travail est plus rapide, plus régulier et plus sûr.

XIII. — **Laminoirs.**

Les tableaux précédents (pages 142 et 174) indiquent les quantités de produits laminés de diverses catégories fabriqués par les usines du district de Dortmund; ces quantités se résument pour 1900 comme suit :

	LAMINÉS du COMMERCE	RAILS	TOLES GROSSES et minces	FIL DE FER
Laminés en fer puddlé . . *t*	183 700	17 200	38 800	17 000
Laminés en fer fondu . . .	795 700	565 000	359 400	270 300
TOTAUX. . . . *t*	978 400	582 200	398 200	287 300

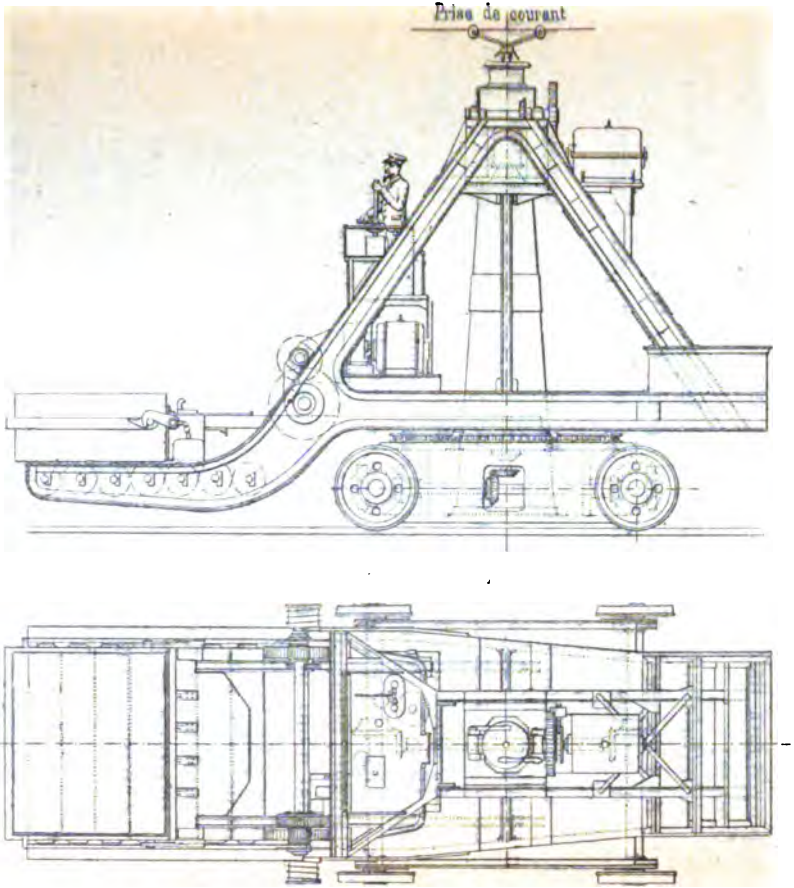
Quant au nombre des établissements allemands s'adonnant à ces fabrications, il se répartit suivant les spécialités, de la manière suivante :

	LAMINÉS DU COMMERCE	RAILS	POUTRELLES	TOLES		FIL DE FER
				grosses	minces	
Rhin et Westphalie . . . . *t*	36	13	8	18	52	15
Lorraine	4	3	3	—	1	1
Luxembourg	2	2	2	—	—	—
District de la Saar	5	4	4	1	1	2
Allemagne du Sud	1	1	1	—	—	—
Allemagne du Nord	1	2	1	—	1	1
Saxe	2	1	1	1	2	—
Haute-Silésie	8	2	2	4	6	1
TOTAUX . . . . *t*	59	28	22	24	63	20
Rhin et Westphalie . . . 0/0	61	46	36	75	82	75

Parmi de nombreuses installations anciennes, on en rencontre cependant beaucoup aménagées d'une façon toute moderne, quelques-unes même toutes récentes; la puissance de ces installations ressort surtout de l'étude des produits laminés qui figuraient à l'Exposition de Dusseldorf; étant donnée la diversité que présentent les laminoirs, il est absolument impossible d'entrer ici dans des détails de ce genre, et nous devons nous contenter d'en signaler les caractères les plus saillants.

Dans les usines prévoyant une forte production d'une certaine régularité, on a adopté tantôt les fosses Gjers, tantôt les fours en sous-sol chauffés au gaz; c'est ainsi que, par exemple, à l'Union de Dortmund, il y a 36 fosses Gjers non chauffées et 18 fosses chauffées, ces dernières étant en réserve pour lingots provenant du parc le lundi matin; les lingots coulés à l'aciérie Thomas avec poids minimum de 3 000 *kg*, sont manipulés par un pont roulant de 6 *t* à 20 *m* de portée (translation 60 *m*, vitesse du treuil 28 *m*, vitesse de levée 9 *m* par minute).

Le démoulage des lingots par « strippers », n'est employé que rarement, par contre, pour les gros lingots on utilise déjà fréquemment les chariots transporteurs et culbuteurs soit à la vapeur, soit électriques *(fig. 24)*. Le chargeur électrique dont nous



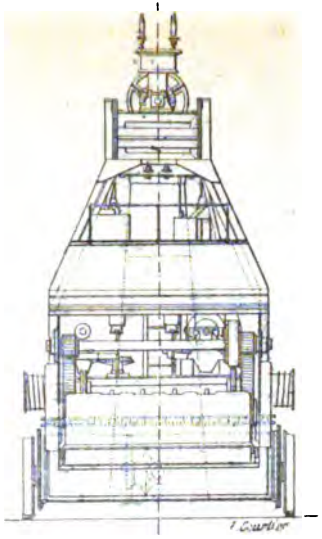


Fig. 24.

CHARGEUR MÉCANIQUE
Syst. STUCKENHOLZ
aux laminoirs THYSSEN & Cie
à Mülheim-s/Ruhr

donnons le dessin, a été construit par Stuckenholz, à Wetter, pour les laminoirs Thyssen et Cie, pour lingots pesant jusqu'à 20 000 *kg*; la machine se déplaçant sur une voie de 3,500 *m* et les essieux étant, de même, à 3,500 *m*, la stabilité est suffisante même avec faible contrepoids; les trois mouvements suivants sont obtenus par trois électromoteurs, savoir :

Déplacement du chariot sur les rails, vitesse 80 *m* par minute, moteur 35 *ch*;

Déplacement horizontal du lingot, vitesse 5,25 *m* par minute, moteur 18 *ch*;

Rotation de l'appareil à raison de 1,8 tour par minute, moteur 12 *ch*.

La maison Stuckenholz a fourni jusqu'à présent huit appareils de ce genre, soit électriques, soit à vapeur et de puissances variables; nous citerons, notamment, en Westphalie, ceux employés aux usines de Duisburg, pour lingots de 10 *t*, portée de 5,60 *m*;

A la Gutehoffnungshütte, pour lingots de 20 *t*, portée de 5,80 *m*;

Aux usines de Hœrde, pour lingots de 10 *t*, portée de 5 *m*;

Chez Thyssen et Cie, à Mulheim-sur-Ruhr, pour lingots de 20 *t*, portée de 5,70 *m*.

Au laminoir à tôles de Hœrde, le chariot est à vapeur et peut manipuler des lingots de 2100 × 1650 × 470 *mm*; les lingots sont placés sur le chariot par une grue hydraulique fixe de 10 *t*.

Ces machines servent aussi bien pour amener les lingots au laminoir que pour les enfourner, suivant les cas.

Le nouveau laminoir à tôles de la Gutehoffnungshütte, à Oberhausen, étant situé à une certaine distance de l'aciérie, les fosses (pits) n'ont pu y être appliquées, et on se sert pour les gros lingots d'un four à réchauffer au gaz *(fig. 25)* dont les dimensions principales sont les suivantes :

Dimensions de la sole du four, 2250 × 7 000 *mm*;

Hauteur de la voûte au-dessus de la sole, 1 150 *mm*;

Longueur des chambres (régénérateurs) horizontales, 6 000 *mm*;

Section transversale des deux chambres à gaz, 1 800 × 1 800 *mm*;

Section transversale des deux chambres à air, 1 400 × 1 800 *mm*.

Pour les lingots pesant moins de 2000 *kg*, on a deux fours roulants à foyer genre Bicheroux et sole inclinée de 10500 *mm* de

Fig. 25

FOUR A GAZ POUR RÉCHAUFFAGE DES BLOOMS ET LINGOTS

pour le train à tôles de Gutchoffnungshuette.

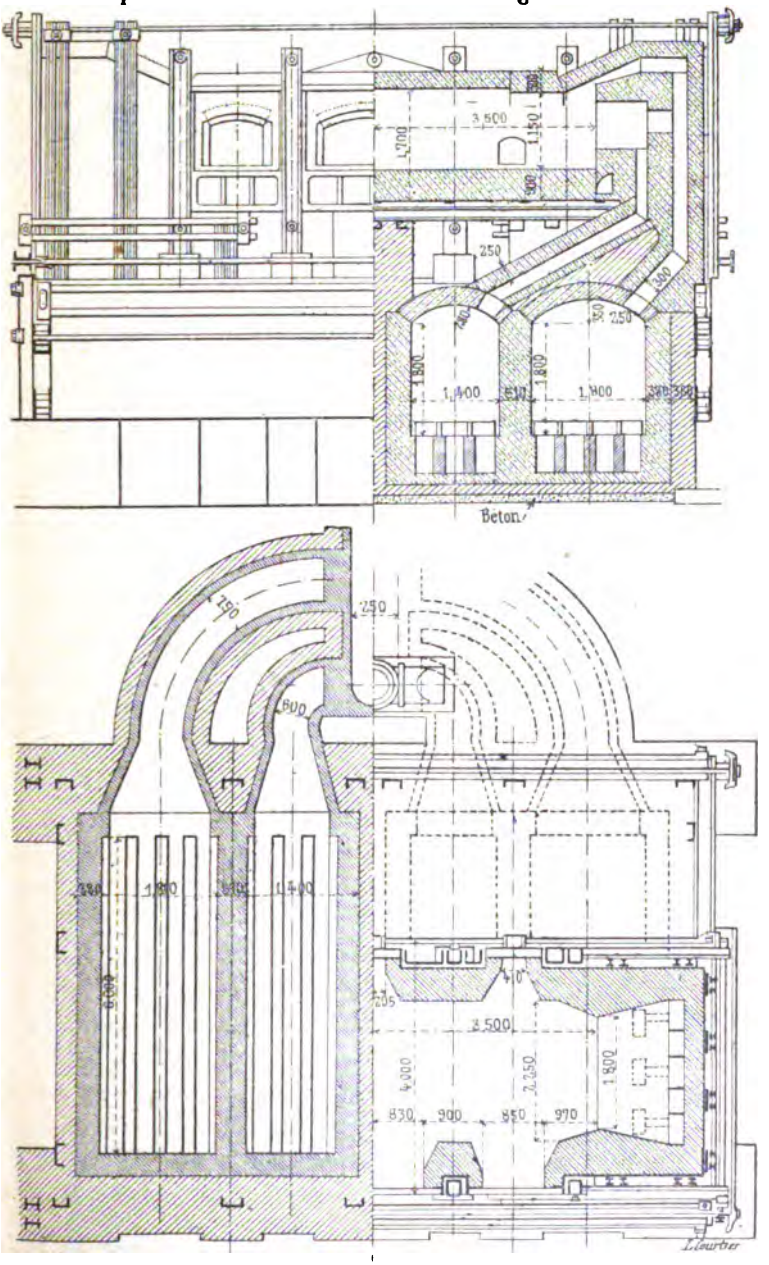
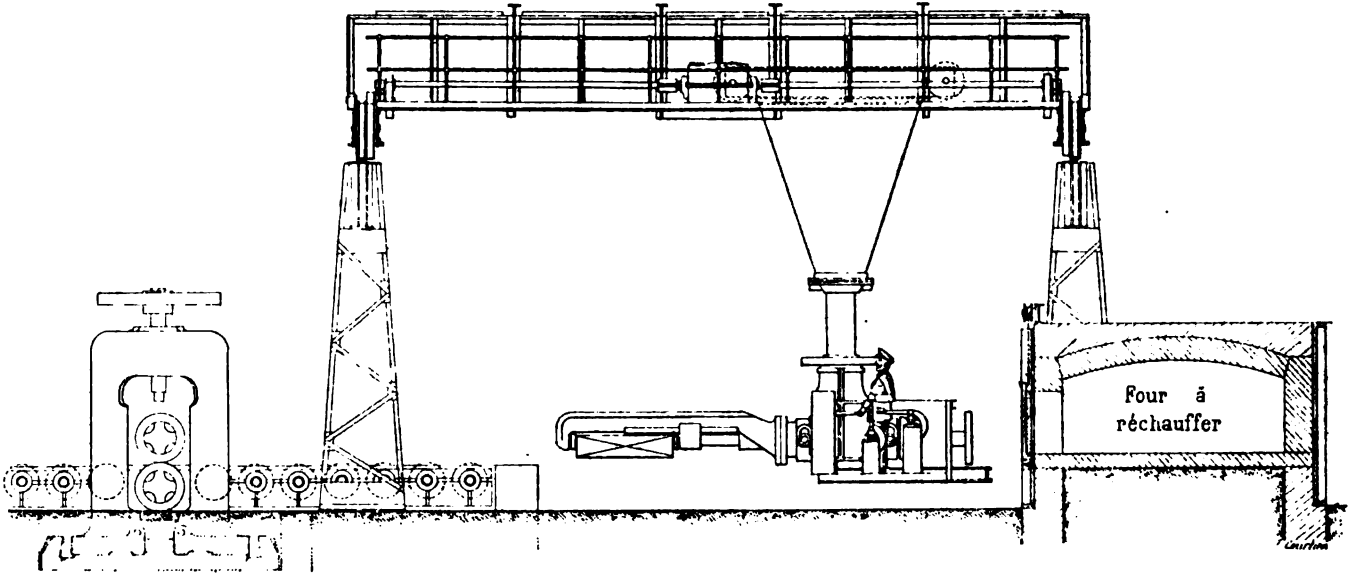


Fig. 26. — APPAREIL CHARGEUR SYSTÈME STUCKENHOLZ
suspendu à un pont-roulant.



longueur et 2 600 *mm* de largeur, pouvant chauffer chacun de 50 à 100 *t* de lingots ou blooms par poste de douze heures.

Cette installation étant décrite en détail dans la publication de la Société des Ingénieurs allemands (1), nous nous contenterons de renvoyer à cette étude.

Pour le chargement et le défournement des lingots ou des blooms aux fours à réchauffer, on emploie aussi aujourd'hui des appareils spéciaux; nous donnons le dessin d'un appareil de ce genre construit de même par Stuckenholz, et qui est suspendu à un pont roulant *(fig. 26)*; il sert en même temps à amener les lingots des fours aux rouleaux transporteurs des laminoirs et est actionné dans ses divers mouvements par cinq électromoteurs, savoir (2) :

1° Déplacement du pont roulant proprement dit;
2° Déplacement du chariot du treuil portant le mécanisme;
3° Mouvement vertical de l'appareil portant le lingot;
4° Mouvement de rotation de l'appareil portant le lingot autour d'un axe vertical, en combinaison avec un mouvement de rotation du lingot lui-même autour d'un axe horizontal;
5° Serrage du lingot entre les griffes de l'appareil.

Le lingot une fois placé sur les rouleaux du blooming est amené automatiquement aux cylindres.

Pour donner un aperçu des divers appareils nécessaires à une installation déterminée, nous décrirons rapidement la disposition adoptée pour le nouveau laminoir construit par Haniel et Lueg pour la *Société Union de Dortmund*; le blooming traitant les lingots d'un poids minimum de 3000 *kg* dessert un train réversible fabriquant la poutrelle jusqu'à 600 *mm*, le fer en U jusqu'à 300 *mm*, ainsi que des rails, des billettes et des largets *(Pl. 49)*.

Les *rouleaux* d'amenage du blooming sont actionnés par une machine à vapeur réversible ($d = 300$ *mm*, course $= 470$ *mm*, engrenages 3 : 10); ils font de 54 à 60 tours par minute, répondant à une vitesse à la circonférence de 1,55 *m* à 1,73 *m* par seconde; la rotation du lingot autour de son axe est obtenue par des appareils hydrauliques placés entre les rouleaux.

Le *blooming* a des cylindres de 1 100 *mm* de diamètre pour 2 700 *mm* de table; l'équilibre et le serrage pour une levée ma-

(1) *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, n° 45, du 8 novembre 1902, page 1695.
(2) Une disposition analogue un peu plus simple est construite aussi par les ateliers Stückenholz, pour chargement de fours Martin.

xima de 300 *mm* sont obtenus par cylindres hydrauliques, ces derniers étant placés sur la cage même et travaillant à 25 *atm.*

Les pignons de ce train sont à chevrons ($d = 1\,150$ *mm*, $l = 1\,000$ *mm*); le moteur, sortant des ateliers Klein frères, de Dahlbruch, comporte des cylindres de 1 200 *mm* de diamètre pour 1 300 *mm* de course et engrenages de 1 : 2,5.

Le bloom ainsi obtenu est découpé à longueur à une cisaille hydraulique verticale avec moteur à vapeur (Breuer Schumacher), écartement des montants 600 *mm*, sections à couper à chaud 400×400 *mm*, avec une disposition spéciale empêchant le relèvement du bloom pendant le cisaillage. Pour blooms plus petits de 150×150 jusqu'à 250×250 *mm*, il y a une seconde cisaille horizontale desservie par un transporteur spécial (vitesse 1,56 par seconde, électromoteur de 30 *ch* à 390 tours); le transporteur de la grosse cisaille a une vitesse de 0,80 *m* seulement et est desservi par un électromoteur de même force à 390 tours. Quant aux rouleaux amenant le bloom du train à la grande cisaille, ils sont actionnés par un électromoteur réversible de 70 *ch* à 720 tours et ont une vitesse à la circonférence de 1,56 *m* par seconde.

Le *laminoir finisseur* est desservi par quatre systèmes de rouleaux actionnés chacun séparément par des machines à vapeur réversibles ($d = 300$ *mm*, course 470 *mm*, engrenages 1 : 4); la vitesse à la circonférence des rouleaux est de 1,53 *m* par seconde; le déplacement transversal obtenu par transporteurs se fait à 0,80 *m* par seconde, par moteur électrique réversible de 160 *ch* à 310 tours.

Le train comprend quatre cages avec cylindres de 900 à 920 *mm* pour 2 500 *mm* de table; le moteur Ehrhardt et Sehmer à trois cylindres couplés ($d = 1\,300$ *mm*, course $= 1\,300$ *mm*) peut faire jusqu'à 130 tours avec pression de vapeur de 8,5 *kg*, ce qui donne pour les cylindres du train une vitesse à la circonférence d'environ 6 *m* par seconde.

Le train ainsi que le moteur sont desservis par un pont roulant électrique de 30 *t*, portée 12 *m*, levée 6 *m*, vitesse de translation 60 *m*, vitesse du treuil 28 *m*, vitesse de levée 2 *m* par minute.

La première cage de ce train finisseur est munie, comme celle du blooming, d'un serrage hydraulique pour le cylindre supérieur, les autres cages étant disposées pour serrage à la main.

Les barres laminées sont amenées par deux nouveaux systèmes de rouleaux (deux électromoteurs réversibles de 70 *ch*

à 720 tours) à des scies à pendule (électromoteur de 70 *ch*) avec avancement de la scie par piston hydraulique. Aussitôt après sciage, les barres, coupées à longueur, sont amenées au grillage de dépôt (18 *m* × 22 *m*), puis de là au wagon allant à l'ajustage ; il y a là encore quatre transporteurs avec moteurs de 30 *ch* jusqu'au grillage, et un moteur de 160 *ch* pour le déplacement de ces barres sur le grillage incliné.

Le chargement des bouts coupés aux scies à chaud est obtenu mécaniquement ainsi que celui des billettes et largets lorsqu'on en lamine en grandes quantités à la fois ; dans ce cas, les billettes sortant du train, avec 80 à 100 *m* de longueur, sont coupées à des cisailles à chaud et les morceaux amenés par des transporteurs inclinés à bande métallique au wagon de forme spéciale destiné à les recevoir ; le moteur correspondant est de 160 *ch*.

Pour actionner tous ces appareils et machines, on a installé dix chaudières Babcock et Wilcox de 370 m^2 de surface de chauffe, avec surchauffeur de 56 m^2 chacune, fournissant de la vapeur à 10 *kg*, tandis qu'un « economiser » de 1 520 m^2 porte la température de l'eau d'alimentation à 110° environ.

La production par poste de douze heures avec cette installation a donné, d'après essais faits en 1901, les chiffres suivants pour les divers produits qu'elle est susceptible de fabriquer :

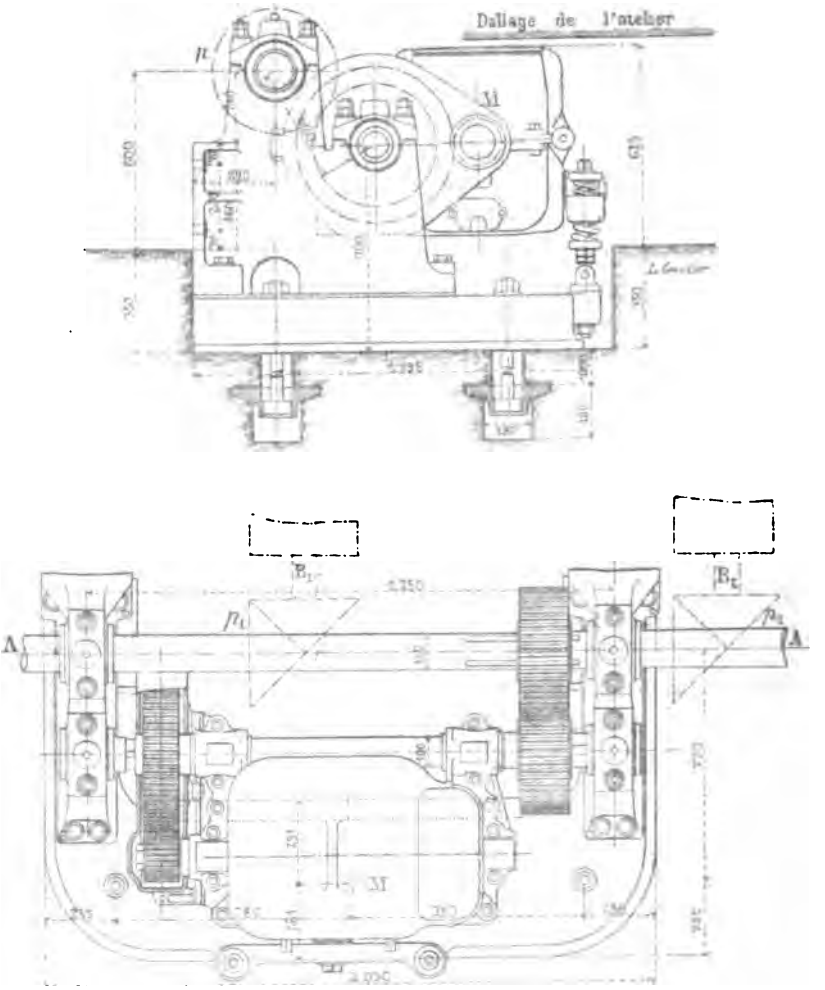
	Productions constatées.	Maximum possible.
	—	—
En billettes de 50 × 50 *mm*. . . . . *t*	480	520
En largets de 200 × 13 *mm*.	400	450
En poutrelles normales de 300 *mm*	450	500
— — 550 *mm*	380	400
En rails de 40 *kg* par mètre courant	500	550

Nous donnons encore le détail d'une disposition pour actionner les rouleaux par moteur électrique *(fig. 27)* et qui est construite par les ateliers de Benrath ; la dynamo motrice des rouleaux R_1 développant 50 *ch* est disposée sous le sol de l'atelier, tandis que les axes des rouleaux sont légèrement en dessous de ce niveau.

La figure 28 indique la construction d'un transporteur du genre de ceux mentionnés plus haut; la course est de 16 *m* et le moteur réversible placé en D, développe 18 *ch* ; chaque crochet transporteur est actionné par un câble en fil de fer s'enroulant sur un tambour T et tendu par contrepoids Q ; les barres

Fig. 27. — DISPOSITION D'UN MOTEUR DE 50 H. P pour rouleaux d'amenage d'un laminoir.

Construction des Ateliers de Benrath.

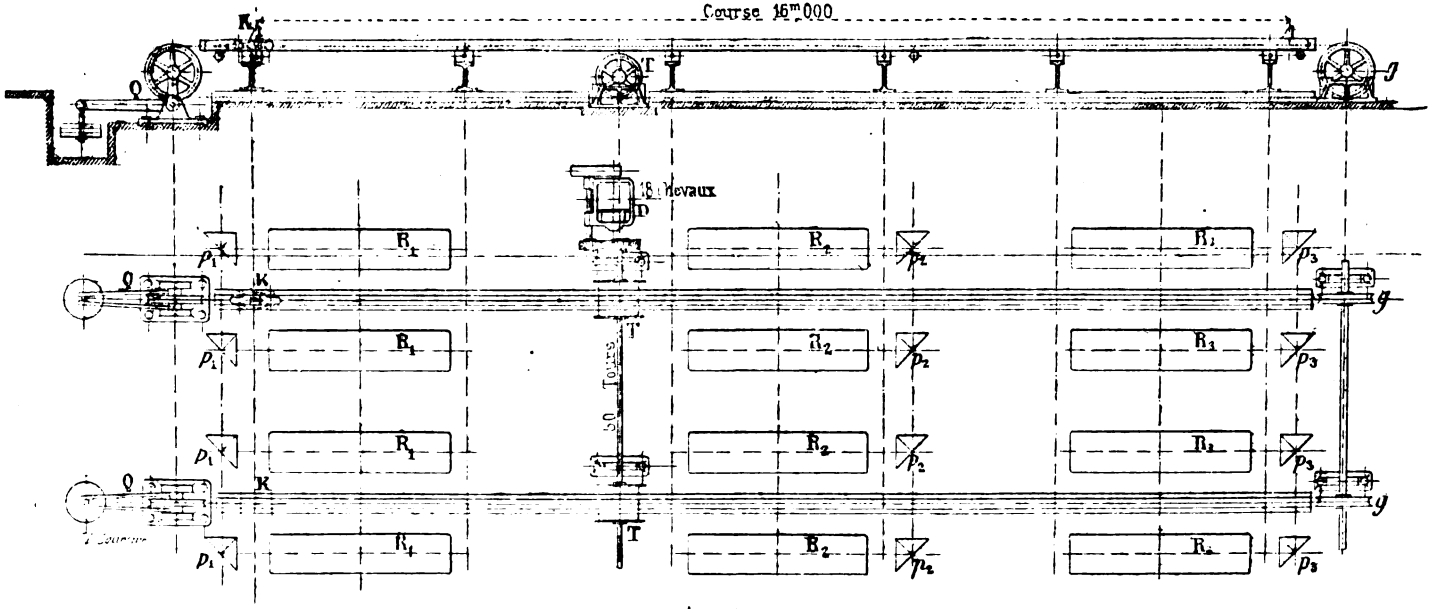


Legende

M Dynamo motrice reversible
AA Arbre de transmission des rouleaux portant les pignons coniques p_1. p_2
R_1 R_2 Axe des rouleaux transporteurs

Fig 28. — TRANSPORTEUR A CABLES POUR LAMINOIRS

Construction des Ateliers de Benrath



Légende

D Dynamo motrice réversible de 18 chx

T Tambours moteurs des câbles du transporteur

Q Tendeurs du câble

K Crochets transporteurs oscillants

g.g Galets de renvoi du câble transporteur

R1R2R3 Rouleaux d'amenage du train de laminoir chaque rangee correspondant a une cage, ou à une cisaille

p1p2p3 Pignons coniques moteurs pour les rouleaux

arrivant par les rouleaux R_1 sont ainsi « ripées » vers R_2 puis R_3 à volonté.

Nous sommes en mesure de compléter aujourd'hui nos observations sur les scies à chaud (Bulletin de juillet, page 102) par le dessin d'une scie nouvellement construite par les ateliers de Benrath pour les laminoirs de Knuttange (Lorraine) ; cette scie comporte un moteur de 75 *ch* avec transmission par courroie pour la rotation de la lame *(fig. 29)* ; cette lame de 1 500 *mm* de diamètre a une vitesse à la circonférence de 80 *m* par seconde ce qui répond à environ 1 000 tours par minute ; elle est montée avec sa dynamo motrice sur un balancier dont l'oscillation est obtenue par un second électromoteur de 20 *ch* avec transmission par vis héliçoïdale et leviers coudés. Cette disposition, qui supprime l'emploi de cylindres hydrauliques pour l'avancement, est beaucoup plus légère que toutes celles utilisées jusqu'ici et nous paraît digne d'attention.

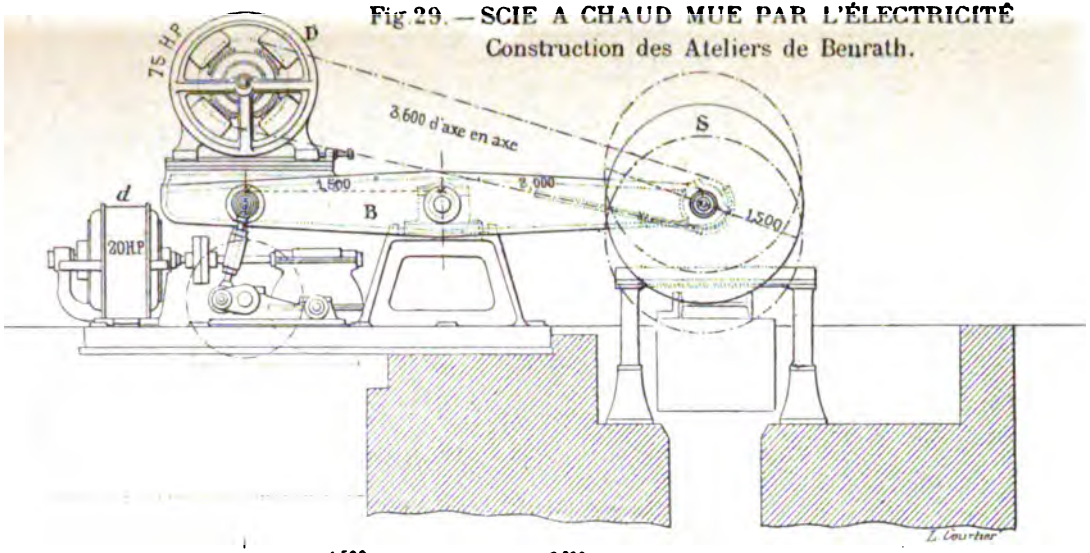
Nous ne ferons que rappeler encore les dimensions des *tôles minces* fabriquées dans certaines usines westphaliennes (Bulletin de juillet, pages 110 et suivantes, sans nous arrêter aux détails de la disposition des trains et des fours ; notons toutefois que le trio Lauth n'a pas été adopté partout, en raison de la difficulté d'obtenir avec ce système des tôles minces bien planes et que nombre d'usines fabriquant la tôle de qualité ne disposent que de duos.

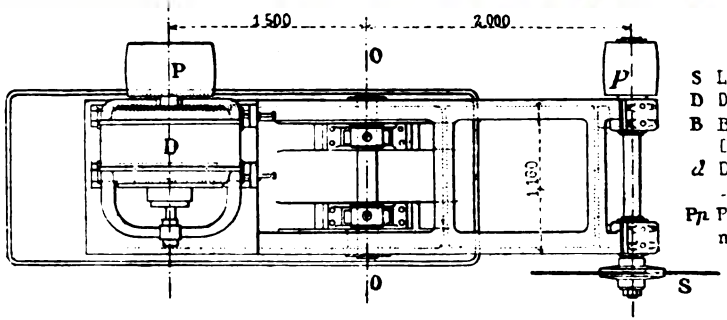
Les fours sont souvent à feu direct, mais de préférence au gaz en vue de réduire les battitures. Pour le recuit on emploie aujourd'hui des fours continus à foyer latéral, dans lesquels se placent six à huit trucs portant chacun une caisse en acier coulé contenant les tôles ; nous ne sommes pas autorisés cependant à en reproduire les dessins ; ces caisses en acier et en deux pièces peuvent recevoir des tôles de 1 600 × 1 600 *mm* ou de 2 500 × 1 250 *mm* au maximum ; leur poids est de 5 000 *kg*, celui des tôles chargées de 7 000 *kg* ; elles sont livrées avec garantie de 45 charges et en supportent facilement 150, la durée du séjour dans le four étant de vingt-quatre à trente heures pour chaque caisse.

La *classification des tôles* grosses et minces varie suivant les usines ; nous mentionnerons cependant celle établie par les laminoirs Krupp ; ces laminoirs comprennent les trains suivants :

1° Train à blindages $d = 1\,200$ *mm*, table 4 000 *mm* avec machine réversible de 3 700 *ch* à deux cylindres de 1 300 *mm* de diamètre

Fig. 29. — SCIE A CHAUD MUE PAR L'ÉLECTRICITÉ
Construction des Ateliers de Benrath.





Legende

S Lame de scie de 1500 m/m, 1000 tours
D Dynamo motrice 75 HP
B Balancier oscillant autour de l'axe OO
d Dynamo de 20 HP pour l'oscillation du balancier
P P' Poulies de transmission du mouvement de rotation

et 1 250 *mm* de course; ce train est desservi par une cisaille hydraulique à lame de 1 000 *mm*, pouvant couper à froid des tôles d'acier de 70 *mm* d'épaisseur; les fours à chauffer et à recuire mesurent jusqu'à 16 *m* de langueur sur 4 *m* de largeur (1);

2° Deux trains à grosses tôles avec cylindres de 2 210 *mm* et 3 000 *mm* de table, actionnés par une seule machine Corliss horizontale à cylindres de 1 600 *mm*;

3° Un trio à tôles minces de 1 885 *mm* de longueur de table à moteur Corliss de 720 *mm*.

Les dimensions les plus fortes que l'on fabrique normalement avec le train à blindages en tôles d'acier ou de fer fondu sont les suivantes:

En tôles rondes:

	mm
de 5 *mm* d'épaisseur, diamètre maximum de	2 750
de 6 à 15 *mm* d'épaisseur, diamètre maximum de. . . .	2800
au-dessus de 15 *mm* d'épaisseur, diamètre maximum de . .	3 750

En tôles rectangulaires:

	mm
de 5 *mm* pour largeurs de.	800 à 2 740
les longueurs peuvent atteindre	8 000 à 3 100
de 6 à 9 *mm* pour largeurs de	800 à 2 800
les longueurs peuvent atteindre . 9500 - 11 000	à 3000 - 3400
de 10 à 15 *mm* pour largeurs de	800 à 2 800
les longueurs correspondantes atteignent. . .	11 000 à 3 500
de 15 à 19 *mm* pour largeurs de.	3 000 à 3 600
les longueurs varient de	8 000 à 9 000
de 20 à 40 *mm* pour largeurs de	3 000 à 3 600
les longueurs correspondantes sont de . . .	10 000 à 15 000
et pour largeurs de.	3 700 à 3 750
les longueurs atteignent de	9 000 à 10 000

La classification des grosses tôles Krupp suivant qualités est la suivante:

(1) Ce train construit avec la machine par la Märkische Machinenfabrik, de Wetter-sur-Ruhr, a été installé aussi à Saint-Chamond; une installation identique est prévue aux ateliers de Guérigny, mais l'exécution en est confiée à un constructeur français.

Classification des grosses tôles Krupp.

MARQUE de FABRIQUE	DÉSIGNATION SPÉCIALE	Charge de rupture kilogr. par millimètre carré		Allongement 0/0 sur 200 millimètres		Chiffre de qualité R + All^{t}	OBSERVATIONS
		en long	en travers	en long	en travers		
	a) *Tôles en fer fondu.*						
HE / K	Au-dessus de 5 *mm*.	34 à 40		25		62	Pour chaudières de locomotives et de navires, conduites rivées et soudées à haute pression, etc. Essai de pliage à 180° à chaud et à froid.
HE / K	— —	36 à 42		22		61	
HE / K	Jusqu'à 24 *mm*.	39 à 45		20		60	
HE / K	Au-dessus de 24 *mm*	38 à 44		20		60	
HE / C	Au-dessus de 5 *mm*.	35 à 45		20		—	Pour réservoirs et constructions diverses, pliage à 180° à chaud seulem^{t}.
	b) *Tôles en fer puddlé.*						
Qual. I.	Qualité Lowmoor.	36	34	20	15	—	Pliages à froid variables suivant les épaisseurs. Pliage à chaud 180° long et travers.
Qual. II.	Tôles de chaudières	35	33	15	12	—	
Qual. III.	Tôle à emboutir supérieure . .	33	32	12	10	—	Pliage à chaud long 160°, travers 140°.
Qual. IV K.	Tôle à emboutir ordinaire. . .	32	30	10	8	—	— — long 150°, travers 140°.
Réserv. KR.	Tôle ordinaire	Sans garanties.				—	

Quant aux tôles minces Krupp, en acier et fer fondu comprenant les épaisseurs de 0,5 à 5 *mm* elles sont livrées dans des dimensions variables jusqu'à 1 250 × 4 500 *mm*, ou 1 500 × 3 500 *mm;* les tôles minces en fer se fabriquent dans des conditions analogues, mais ne présentent qu'un faible intérêt, la demande en étant des plus réduites.

Les laminoirs à *fil de fer* de la Westphalie ont suivi le progrès comme les autres industries, et les chiffres de production (page 143) en attestent l'importance ; l'emploi de plusieurs machines de plus en plus fortes avec un nombre de tours dépassant 600 et 650 aux finisseurs permet aujourd'hui de traiter directement et en une seule chaude des lingots de plus de 150 *mm* de côté, tandis qu'il y a quelques années, la billette de 80 à 100 *mm* était encore considérée comme un maximum.

Les principales usines sont celles de Felten et Guilleaume à Mulheim-sur-Rhin, de Boecker et Cie à Schalke, la Dusseldorfer Drahtindustrie, etc., etc., qui disposent toutes d'installations nouvelles à grande production.

Ces laminoirs nouveaux sont généralement actionnés par trois machines distinctes à vitesses de plus en plus grandes du dégrossisseur au finisseur ; le passage des carrés aux ovales a lieu par guidages automatiques ; enfin des enrouleuses, actionnées par dynamos et à enlèvement rapide des couronnes, ne fixent plus de limite à la production du train.

Nous ne pouvons passer sous silence, à cette occasion, l'*application de l'électricité* comme force motrice pour laminoirs, application qui a été faite tout d'abord aux trains à fil de cuivre et qui présente un intérêt d'autant plus grand que l'utilisation des gaz de hauts fourneaux est venue donner une impulsion nouvelle à l'installation de stations centrales électriques dans les usines.

Le premier train à moteurs électriques a été installé par la Société générale d'électricité à Berlin (A. E. G.), en 1897, pour la fabrication de ses fils de cuivre ; ce train comprend simplement :

a) Un dégrossisseur à quatre cages faisant 108 tours et actionné par câbles (poulie du train 1,40 *m*, poulie-volant sur la dynamo 5 *m*) ; la dynamo à courant alternatif, tension de 500 volts, fait 380 tours et développe 200 *ch* ;

b) Un finisseur de sept cages attelé directement à un moteur de 400 *ch* faisant 420 tours.

On peut laminer à ce train par poste de 11 heures, avec billettes de 60 *kg*, environ 27 000 *kg* de fil de cuivre de 7 *mm*.

Toutefois, ce n'est que tout récemment que l'on a appliqué l'électricité à des trains-machine pour fil de fer; les autres produits tels que blooms, rails, tôles, etc., donnant lieu à de plus grandes variations de puissance totale pendant le laminage n'ont pas encore été pris en considération dans ce sens; nous n'avons cependant pas encore de données exactes sur les rares installations de trains à fil de fer existant actuellement en Allemagne, et nous ne nous y arrêterons pas.

Machines motrices des laminoirs.

La pression normale de vapeur est généralement de 6 à 8 *kg* au maximum, et l'on ne va que rarement à 12 *kg* (Rombas, par exemple); aussi ne trouve-t-on presque jamais de machines monocylindriques et cherche-t-on à profiter de cette pression élevée en vue d'économiser la vapeur, par l'emploi de la surchauffe combinée à la condensation, et de cylindres à basse pression permettant une transition moins brusque d'une pression à une autre et favorisant précisément la condensation.

Les machines compound sont tantôt à réservoir intermédiaire et manivelles à 90° (cylindres de chaque côté du volant), tantôt tandems avec simple tuyau de communication, ces dernières étant de beaucoup préférées en pratique.

Pour les grandes puissances, les machines à volant ont été peu à peu remplacées par les machines réversibles auxquelles on a de même appliqué le compoundage en vue de diminuer les consommations de vapeur de ces engins, très élevées au début. En vue de tirer parti des avantages que peut procurer la détente, aussi bien dans les machines réversibles que dans les machines à volant, on adopte aujourd'hui, pour les machines jumelles réversibles, deux dispositions distinctes :

a) Le système Cockerill ou Kiesselbach, consistant dans l'application d'une soupape supplémentaire interceptant la communication entre le receiver et le cylindre à basse pression, en même temps que l'admission de vapeur dans le petit cylindre à haute pression;

b) Le système Ehrhardt et Sehmer (distribution Rottmann), consistant à employer, pour le cylindre à basse pression une

Nomenclature de quelques machines de laminoir

installées par les **Ateliers Ehrhard**

	DÉSIGNATION DES USINES	COURSE	TOURS par MINUTE	PRESSION de VAPEUR	PUISSANCE MOYENNE
		mm		*kg*	*ch*
1	Usines de Hœrde	1 300	120	6	1 700
2	—	1 300	60-90	6-7	4 500
3	Düsseldörfer Eisen- et Drahtindustrie .	1 300	100	8,5	1 020
4	Grillo-Funcke et Cie, à Schalke	1 300	150-180	9,0	5 700
5	Deutscher Kaiser, à Bruckhausen. . .	1 300	100-150	8,0	5 700
6	— — . . .	1 400	90	8,0	1 700
7	— — . . .	1 300	150-180	8,0	4 800
8	Société Union, à Dortmund	1 300	100-150	8,5	6 300
9	Usines Hoesch, à Dortmund	1 300	100-150	8,5	6 300
10	— —	1 300	100-130	8,5	3 500
11	Usines Rœchling, à Völklingen	1 300	120	6,0	1 700
12	— —	1 500	60	6,5	—
13	— — . . .	300	70-90	6,5	—
14	Usines de Burbach-sur . .	0	120	6,0	1 700
15	— — .		130	5,0	—
16	— .		90-120	6,0	1 700
17	— .	0	100-150	6,0	—
18	— .	0		6,0	1 200
19	de Ron . .	00		10,0	8 400
20	— .	20		10,0	5 500
2	de . .	1 5		5,0	2 500
	— .	1		10,0	1 100
	.	2		6,0	3 100
			30	8,0	3 400
			0	10,0	5 000
			0-150	7,0	5 000

...ies par la maison Ehrhardt et

des usines de Westphalie et autres

et Sehmer, *de Schleifmühle-Sarrebrück.*

SYSTÈME		OBSERVATIONS
DE LA MACHINE	DU LAMINOIR	
Jumelle réversible.	Duo.	Blooming (construction 1890).
3 cylindres réversible.	Duo.	Poutrelles et billettes.
Tandem.	Trio.	Fil de fer (1894).
Jumelle réversible.	Duo.	Grosses tôles (1895).
3 cylindres réversible.	Duo.	Poutrelles et billettes (1895).
Tandem.	Trio.	Poutrelles, rails, fers à U.
Jumelle réversible.	Duo.	Blooming (1899).
3 cylindres réversible.	Duo.	Poutrelles, rails, billettes (1898).
3 cylindres réversible.	Duo.	Poutrelles, rails, billettes (1898).
Jumelle réversible.	Duo.	Blooming.
Jumelle réversible.	Duo.	Blooming (construction 1889).
A 1 cylindre.	Trio.	Poutrelles, rails, traverses (1889).
A 1 cylindre.	Trio.	Grosses poutrelles (1891).
Jumelle réversible.	Duo.	Blooming (1889).
A 1 cylindre.	Trio.	Petits profilés (1894).
Jumelle réversible.	Duo.	Blooming (1897).
A 1 cylindre.	Trio.	Petits profilés (1899).
Tandem-compound.	Trio.	Fers plats.
3 cylindres réversible.	Duo.	Grosses poutrelles, rails, billettes.
3 cylindres réversible.	Duo.	Grosses poutrelles, rails, billettes (1898).
3 cylindres réversible.	Duo.	Larges plats et profilés (2 machines 1888).
Tandem.	Trio.	Gross[illegible]900).
3 cylindres réversible.	Duo.	Rail[illegible]
Jumelle tandem.	Duo.	Bloo[illegible]
3 cylindres réversible compound.	Duo.	Fers [illegible]
3 cylindres réversible.	Duo.	Poutr[illegible]

Sehmer comprend en tout, de 1882 à 1902 : 124 mach[illegible]

distribution à détente variable réglée en même temps que les soupapes d'admission du ou des petits cylindres.

La machine réversible à trois cylindres peut également fonctionner comme machine compound, le cylindre du milieu pouvant servir de cylindre à haute pression, la vapeur se détendant dans l'espace de volume double formé par les cylindres latéraux; la même machine travaille alors avec haute pression dans les trois cylindres, lorsque le train doit développer toute sa puissance pour les gros profilés. Pour donner une idée des consommations de vapeur auxquelles on est arrivé aujourd'hui avec ces machines réversibles à trois cylindres et à haute pression, nous citerons les résultats obtenus avec une machine Ehrhardt et Sehmer de $1\,300 \times 1\,300 mm$; ce moteur, alimenté avec de la vapeur à 10 *kg* surchauffée et aboutissant à une condensation centrale, peut fournir 10 000 *ch;* pour les essais en question, on disposait de vapeur à 8 *kg* et les consommations pendant la communication avec la condensation centrale ont comporté :

Pour fabrication de poutrelles : 400 à 450 *kg* de vapeur par tonne laminée ;

Pour fabrication de rails : 450 à 500 *kg* de vapeur par tonne laminée.

Quelquefois l'on combine la machine réversible avec la machine à volant; c'est ainsi qu'à Dudelange, les ateliers Ehrhardt et Sehmer ont installé une machine à trois cylindres conjugués réversible commandant un duo à poutrelles d'un côté, et de l'autre côté, en cas de nécessité, un gros trio actionné normalement par une machine à volant.

Le tableau ci-joint s'appliquant à des machines de laminoirs, fournies par la maison Ehrhardt et Sehmer permet de se rendre compte des types de moteurs les plus employés en Allemagne et notamment en Westphalie pour diverses fabrications.

Condensations centrales.

En présence de la concurrence de plus en plus sensible provenant d'une surproduction due précisément à l'augmentation de puissance des appareils de fabrication et des machines, il est naturel que l'on ait cherché à réduire les prix de revient par les économies les plus diverses sur chacun des facteurs de ces prix.

C'est surtout dans les usines disposant de gros laminoirs et où,

à défaut de gaz de fourneau, on est obligé de consommer de la houille supplémentaire sous les chaudières dites de « secours », que la quote-part de la force motrice dans le prix de revient des produits laminés est des plus importantes. Le besoin de l'économie de vapeur s'est fait sentir surtout aussi au fur et à mesure de la diminution du nombre de fours à puddler et de fours à souder à grille dont les chaleurs dites « perdues » fournissaient presque toute la vapeur aux laminoirs.

Les premières économies ont été cherchées dans la distribution même des machines, tiroirs, régulateurs et détente de vapeur à haute pression dans deux, puis dans trois cylindres. Les condenseurs, attelés d'abord directement à chaque machine et appliqués aussi bien aux machines compound qu'aux machines simples, donnaient un rendement déterminé et limité pour chacun de ces systèmes; on a donc cherché à augmenter ce rendement en réunissant toutes les condensations en un seul groupe, de façon à pouvoir en faire bénéficier tous les moteurs à vapeur de l'usine, et on est arrivé ainsi à la *condensation centrale* dont les résultats économiques ont amené la plupart des grandes usines à faire des installations souvent coûteuses, il est vrai, mais efficaces.

En présence du développement pris par les condensations centrales, en Allemagne surtout, de nombreux constructeurs ont cherché à s'en faire une spécialité et nous citerons, entre autres, les maisons suivantes :

1° *Sack et Kiesselbach, à Düsseldorf-Rath :* condenseurs à surface à faisceaux tubulaires;

2° *Eug. Blasberg et C^ie, à Düsseldorf-Derendorf :* condenseurs tantôt à surface, tantôt avec pompes à air, et pompes sans clapets d'aspiration à 90-95 tours par minute;

3° *Louis Schwarz et C^ie, à Dortmund :* ils construisent presque uniquement des condenseurs à surface; une installation de cette maison pour 32 000 *kg* de vapeur par heure, par exemple, comprend les appareils suivants :

a) Une machine motrice $d = 400$ *mm*, course 700 *mm*, à 100 tours par minute;

b) Deux pompes à air à tiroirs $d = 370$ *mm*, course 300 *mm*;

c) Deux pompes centrifuges à marche lente pour eaux de refroidissement à orifices de 260 *mm*;

d) Deux pompes pour les eaux de condensation $d = 260$ *mm*, course 200 *mm*;

e) Deux pompes pour les eaux chargées d'huiles $d = 75$ *mm*, course 100 *mm*;

f) Un refroidisseur à cheminée de 22×9 *m* à la base, 20,50 *m* de hauteur, pour 720 m^3 d'eau par heure; cette eau est élevée à 6 *m* pour redescendre dans le collecteur à travers les empilages.

La pression de vapeur étant de 6 *kg*, le vide obtenu aux machines est de 85 0/0;

4° *Gust. Brinkmann et C^ie, à Witten-sur-Ruhr* : ces ateliers construisent des condensations centrales, d'après le système bien connu de F.-L. Weiss, de Bâle; parmi les nombreuses usines de Westphalie qui ont adopté ce système, nous citerons :

a) Les usines Krupp, à Essen, avec sept installations, pour un total de 14 000 *ch*; la plus grande est celle des hauts fourneaux de Rheinhausen desservant deux souffleries d'une force totale de 3 000 *ch*; elle consomme 7 m^3 d'eau par minute; deux autres condensations pour laminoirs, à Essen, traitent chacune la vapeur de 2 000 *ch* et consomment 5 m^3 d'eau par minute;

b) La Gutehoffnungshütte, à Oberhausen, avec cinq installations, pour un total de 17 950 *ch*, et dont la plus importante est celle des machines de laminoirs pour 4 400 *ch*, nécessitant 11 m^3 d'eau de condensation par minute;

c) Le Bochumer Verein, à Bochum, a trois installations pour un total de 5 750 *ch*; celle des moteurs de la station centrale électrique et des soufflantes consomme, par minute, pour 3 000 *ch*, 9 m^3 d'eau refroidie artificiellement;

d) Les Rheinische Stahlwerke, à Ruhrort, ont deux installations, l'une pour machines soufflantes, de 6 000 *ch*, à 22 m^3 d'eau par minute, l'autre pour machines de laminoirs, de 4 500 *ch*, à 13 m^3 d'eau par minute, le tout avec refroidisseurs à cheminée;

e) L'usine Hœsch, à Dortmund, comprend deux installations de 3 200 *ch* chacune, pour quatre souffleries, et nécessitant 9 m^3 d'eau par minute;

f) Les ateliers Van der Zypen, à Cologne-Deutz, disposent de deux condensations, pour 1 600 et 1 700 *ch*, à 5 m^3 d'eau chacune;

g) La Friedrich-Wilhelmshütte, à Mulheim-sur-Ruhr, condense la vapeur de deux souffleries et de deux machines pour dynamos fournissant 1 700 *ch* avec 5 m^3 d'eau naturelle, et de deux souffleries développant 2 000 *ch* avec 6 m^3 d'eau;

h) Les Westfälische Stahlwerke, à Bochum: quatre machines de laminoirs, 4 000 *ch*, 11 m^3 d'eau;

i) Les usines Phœnix, à Ruhrort : quatre machines de laminoirs, 3700 *ch*, 10 m^3 d'eau ;

k) Les usines Thyssen et C^ie^, à Mulheim-sur-Ruhr : quatre machines de laminoirs, 3000 *ch*, 10 m^3 d'eau ;

l) L'usine de Haspe, à trois machines de laminoirs, une soufflerie et une machine d'atelier, en tout 3200 *ch*, consomme 11 m^3 d'eau ;

m) Les laminoirs de Peine (Ilsede) : une machine de laminoir de 4000 *ch*, 11 m^3 d'eau ;

n) La Société Union, à Dortmund : machines soufflantes pour 2200 *ch*, 7 m^3 d'eau ;

o) L'usine de Hœrde : trois machines de laminoirs pour 1730 *ch*, 5 m^3 d'eau ;

p) La Société de Schalke : deux souffleries pour 2900 *ch*, 7,5 m^3 d'eau.

Toutes les condensations de *h* à *p* sont munies de refroidisseurs à cheminée ;

5° *Balcke et C^ie^, à Bochum*, construisent des condensations centrales de leur système en diverses combinaisons (1) ; parmi les principales installations de ces ateliers, en Allemagne, nous citerons :

a) L'usine de Haspe, avec 23 000 *kg* de vapeur par heure pour laminoirs ;

b) L'usine de Hœrde, avec 25 000 *kg* de vapeur par heure pour souffleries, etc.

c) La Société Deutscher Kaiser, avec 75 000 à 130 000 *kg* de vapeur par heure et deux refroidisseurs à cheminée ;

d) La Friedenshütte (Haute-Silésie) avec 35 000 *kg* de vapeur par heure pour souffleries et laminoirs ;

e) Borsigwerk (Haute-Silésie) avec 40 000 *kg* de vapeur par heure pour souffleries, laminoirs et station centrale.

6° *Klein, Schanzlin et Becker, à Frankenthal*, bien connus pour leurs pompes, construisent des condenseurs à surface et à injection, mais ont surtout livré des condensations pour les charbonnages ; parmi celles fournies à des usines métallurgiques, nous citerons :

a) A Rombach (Lorraine), condensation à surface pour 30 000 *kg* de vapeur par heure ;

(1) Nous renverrons ici aux brochures spéciales publiées par ces constructeurs sur les installations de condensations centrales et de refroidisseurs à cheminée. Voir aussi le *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France*, juillet 1902, page 45.

b) A Aumetz-Paix (Lorraine), condensation par injection pour 7 000 *kg* de vapeur par heure combinée avec deux refroidisseurs à cheminée pour 1 500 m^3 d'eau par heure;

c) A Hœrde, deux condensations à surface pour 20 000 *kg* de vapeur par heure, les eaux étant refroidies dans trois appareils à cheminée pour 220-245 et 480 m^3 par heure;

d) Aux usines Stumm, à Neunkirchen, trois installations, l'une pour 4 000 *kg* et deux pour 2 000 *kg* par heure;

Mentionnons encore un refroidisseur à cheminée pour 1 000 m^3 d'eau par heure fourni aux usines de Micheville, un autre de 1 400 m^3 à Friedenshütte et un refroidisseur de 1 000 m^3 à Kœnigshütte (Haute-Silésie);

7° *Koerting frères, à Hanovre*, utilisent leurs éjecteurs avec chute d'eau et en placent un sur chaque machine; les eaux sont refroidies par jets d'eau avec ajutages de 15 *mm*; une installation de ce genre, exécutée pour la Maximilianshütte, à Rosenberg, en Bavière, condense en tout 35 000 *kg* de vapeur par heure provenant de onze machines d'une force totale de 3 500 *ch*; ces onze machines sont détaillées ci-dessous :

	Vapeur par heure.
Soufflerie horizontale jumelle	16 600 *kg*
Machine pour éclairage électrique	500
Machine de l'atelier à dolomie	400
Machine pour deux pompes d'accumulateur . . .	1 400
Soufflerie horizontale jumelle pour haut fourneau.	4 000
Machine pour broyeurs à scories.	1 400
Deux pompes pour les eaux à refroidir	300
Une soufflerie verticale jumelle pour haut fourneau.	4 000
Une soufflerie horizontale de haut fourneau . . .	3 300
Une soufflerie horizontale de haut fourneau . . .	2 600
Quantité totale maxima	38 500 *kg*

Pour refroidir les eaux de tous ces condenseurs, l'usine dispose de deux bassins ayant chacun une surface de 335 m^2 et recevant les eaux par quatre lignes de tuyaux à ajutages de 15 *mm*, débitant environ 210 m^3 d'eau par heure, ce qui répond pour 35 000 *kg* de vapeur à 85,7 *kg* de vapeur par mètre cube d'eau et par heure.

Économie produite par la condensation centrale.

Les nombreuses applications mentionnées dans ce qui précède paraissent largement justifiées par les avantages que procure la condensation centrale, même lorsque les machines existantes sont déjà en partie munies de condenseurs; nous reproduirons les chiffres qui nous ont été communiqués par Klein Schanzlin et Becker, et qui se rapportent aux machines de la houillère de Recklinghausen, en Westphalie, où des essais méthodiques ont été faits pendant trois mois sans condensation, et pendant cinq mois après installation du condenseur central.

Cette installation, calculée pour 21 000 *kg* de vapeur à 5-6 *kg*, dessert les machines suivantes :

	Nombre de tours		
	sans condensation.	avec condensation.	Différence en plus.
Machine d'extraction (1)	—	—	—
Machine d'épuisement Woolf (2).	—	—	—
Compresseur d'air	25	38	13
Moteur du ventilateur (3). . . .	28	38	10
Moteur pour l'éclairage électrique	68	80	12
Deux machines pour ateliers d'entretien	—	—	—
Machine de la briquetterie . . .	—	—	—

Les résultats économiques ont été :

	Avant condensation.	Après condensation.
Nombre de jours de travail par mois (moyenne)	23,9	25,5
Extraction totale par mois . . . . . *t*	24 379	29 566
Extraction par jour de travail.	1 020	1 159,6
Consommation de charbon par mois . .	1 983	1 681,3
Consommation de charbon pour cent de l'extraction 0/0	8,13	5,68

(1) Marche variable.
(2) Le vide a passé de 0,3 à 0,8.
(3) La pression de vent a passé de 125 à 145 *mm* d'eau.

L'économie mensuelle de charbon est donc de 301,7 *t* à M. 7,50. . . . . M.	2262,75
déduisant la main-d'œuvre nécessitée par la condensation centrale, soit.	154,56
Il reste une économie nette réelle par mois, de.	2108,19

soit une économie annuelle de M. 25 000.

La dépense d'installation a comporté d'autre part :	
Un refroidisseur complet à cheminée . . . . M.	31 350
Bâtiment pour les machines de la condensation .	8 500
Bassin de décantation des eaux de condensation .	6 550
Machines proprement dites, tuyauterie, etc. (1) .	71 900
Dépense totale pour 21 000 *kg* de vapeur par heure . . . . . M.	118 300

Nous avons cru devoir insister sur ce chapitre des condensations centrales, afin d'en faire ressortir l'utilité qui ne peut être démontrée plus nettement que par le développement même qu'elles ont pris dans les usines de Westphalie.

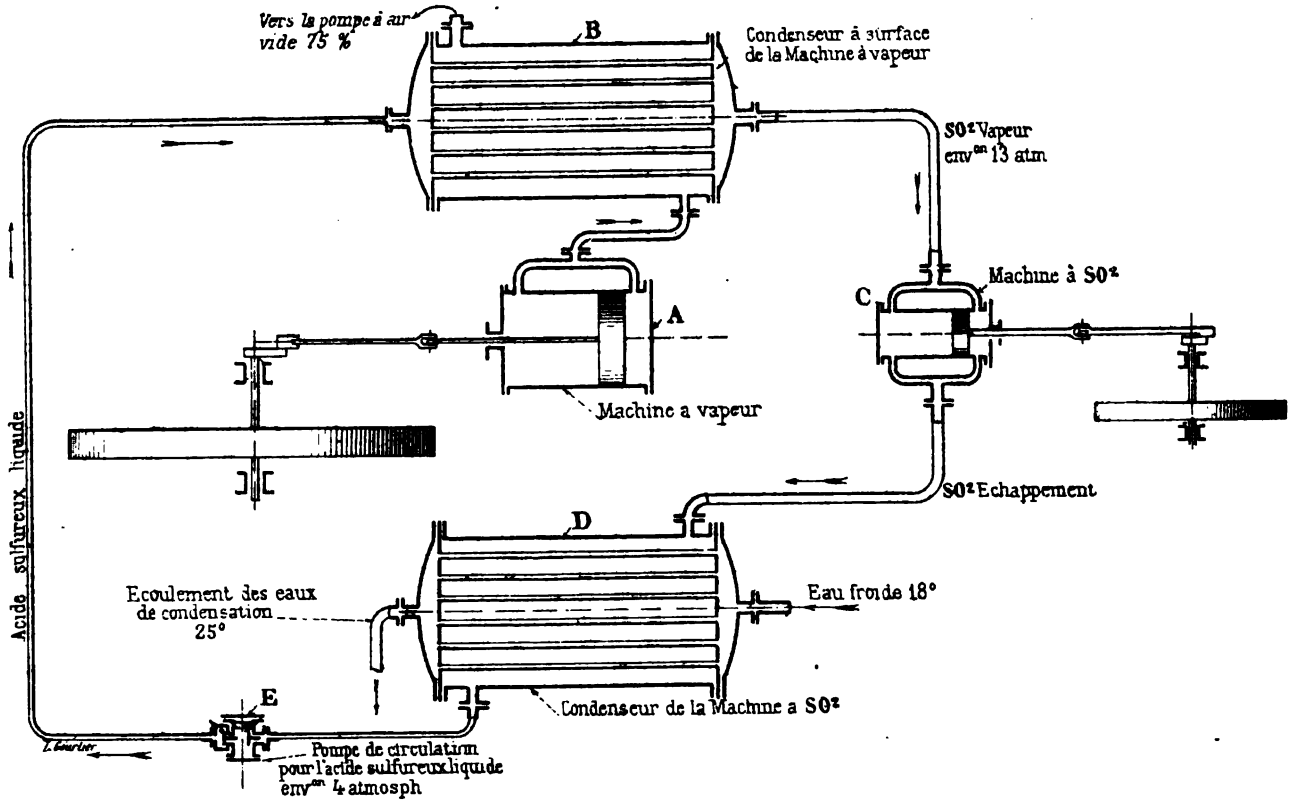
Quant aux refroidisseurs à cheminée, nous en avons indiqué les principes précédemment (Bulletin de juillet 1902, page 45), et nous contenterons d'observer que ces appareils rendent de grands services aux établissements ne disposant d'eaux froides qu'en quantités limitées, l'effet obtenu par l'évaporation en surface étant presque nul, surtout en été, et les espaces nécessaires n'étant que rarement disponibles.

Récupération des chaleurs perdues de la condensation.

On a cherché, en Allemagne, à pousser plus loin encore l'économie de vapeur et à récupérer aussi une partie des chaleurs perdues de la condensation elle-même; ce problème, à l'étude depuis plusieurs années, paraît être résolu pratiquement aujourd'hui, et on installe, actuellement, aux usines des Dusseldorfer Eisen und Röhrenwalzwerke Pœnsgen, à Dusseldorf, des appareils de ce genre fournis par Balcke et C°, de Bochum, et

(1) La dépense de M. 71 900 s'applique aux installations suivantes :
Condenseur à surface en huit groupes de 110 tubes, de 5 *m* × 44 *mm* × 2 *mm* ;
Réservoir vertical recevant les eaux condensées ;
Pompe à air Burkhardt et Weiss, $d = 475$ *mm*, course 600 *mm* ;
Pompe pour les eaux de condensation, $d = 325$ *mm*, course 200 *mm* ;
Pompe centrifuge à 300 tours et orifice de 315 *mm*, pour élever les eaux au refroidisseur ;
Machine motrice de toute l'installation, $d = 400$ *mm*, course 600 *mm*, 80 tours ;
Tubes reliant les machines diverses au condenseur à surface, $D = 622$ *mm*, $e = 4$ à 5 *mm*.

Fig. 30. — PRINCIPE DE LA RÉCUPÉRATION DES CHALEURS PERDUES DE LA CONDENSATION



destinés à récupérer 150 *ch*; ils seront mis en marche en mars 1903.

Des essais faits par le professeur E. Josse, au laboratoire de Charlottenbourg (Berlin), depuis 1898, sur une machine *à acide sulfureux* de 60 à 70 *ch*, et repris en avril 1901 avec une machine de 175 *ch* aux usines d'électricité de Berlin, ont permis de conclure, en effet, à l'application pratique et économique du principe *(fig. 30)* consistant à amener la vapeur d'échappement de la machine à vapeur A dans un condenseur à surface B, dans lequel l'acide sulfureux joue le rôle de liquide condenseur : cet acide sulfureux se transforme en vapeur sous pression et fournit le travail dont il est susceptible à un moteur C de construction spéciale, dit « moteur à chaleur perdue » ou « à gaz froid » ; il est ensuite condensé dans un appareil à surface D à circulation d'eau, puis repris par une pompe à SO^2 E, qui le ramène au premier condenseur B.

Nous ne pouvons entrer ici dans les détails de ces machines à acide sulfureux et indiquerons simplement, d'après M. Josse, les dépenses d'installation comparées pour produire 1 600 *ch* avec machine à vapeur à condensation, d'une part, et avec récupération des chaleurs perdues, d'autre part, ainsi que l'économie pratique obtenue :

a) Dépenses d'installation.

Pour machine à vapeur à condensation :

1° Machine de 1 600 *ch* à 3 cylindres, 72 tours par minute, avec 2 condenseurs et 2 pompes à air	M.	150 000
2° Deux chaudières à vapeur avec surchauffe pour 1 600 *ch*		56 000
Dépense totale.	M.	206 000

Pour machine à vapeur et machine à SO^2 :

1° Machine compound double de 1 200 *ch* et machine à gaz froid de 400 *ch*, soit 1 600 *ch* à 72 tours, avec pompe à acide et pompes à air et à eau de condensation.	M.	125 000
2° Vaporisateur du moteur à gaz froid		10 000
3° Deux condenseurs pour ce moteur		24 000
4° Soupapes spéciales pour ce moteur		4 000
5° Tuyauteries spéciales pour acide sulfureux . .		7 000
6° Valeur de l'acide sulfureux (une fois pour toutes)		2 000
7° Deux chaudières à surchauffeurs pour 1 200 *ch*.		40 000
Dépense totale.	M.	212 000

b) Dépenses d'exploitation comparées.

Pour machine à vapeur à condensation :

1° Consommation de vapeur garantie par cheval-heure avec surchauffe. . . . . *kg* 4,5

2° Consommation de charbon aux chaudières pour 3000 heures par an . . . . . *t* 3080

3° Dépense pour charbon à M. 18 . . . . . M. 55500

Pour machine à vapeur et machine à SO^2 :

1° Consommation de vapeur de la machine combinée par cheval-heure (d'après les essais) . . . *kg* 3,40

2° Consommation de charbon aux chaudières pour 3000 heures par an . . . . . *t* 2330

3° Dépense correspondante pour charbon. . . M. 41940

D'où économie annuelle (55500 — 41940) = M. 13560.

Les chiffres ci-dessus s'appliquent à des installations nouvelles, mais, en cas d'adaptation du principe de la machine à gaz froid à des installations déjà existantes, l'économie est plus grande encore. Quant à la force récupérée, elle peut être employée à la production d'électricité; le moteur à SO^2 peut être aussi couplé avec la machine à vapeur, soit par courroie sur une transmission ou sur un même arbre, soit en tandem à volonté.

XIV. — Fabrications spéciales : roues de wagons, tubes, etc.

Roues de wagons.

Il nous reste à mentionner encore quelques produits spéciaux formant un tonnage important de la fabrication des usines du Rhin et de la Westphalie; le principal de ces produits est la roue de wagon que l'on rencontre sous les aspects les plus variés, depuis la roue en fonte trempée, qui reparaît depuis quelque temps, sous la dénomination de roue Griffin (Voir Bulletin de juillet 1902, pages 56, 104 et 108), jusqu'à la roue à toile pleine et la roue à rayons laminée déjà décrite.

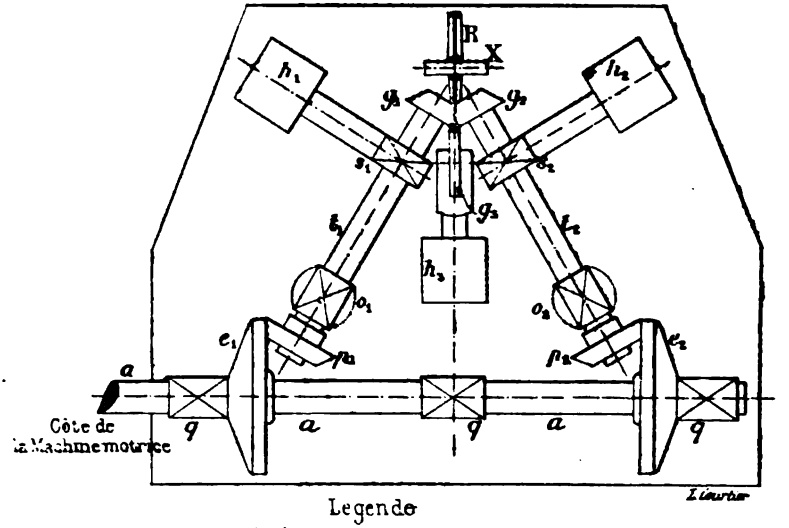
Un grand nombre d'usines fabriquent encore les centres de roues en fer par la méthode connue des rayons pliés, avec moyeu soudé au pilon et coins en fer de remplissage sur la jante; aux

usines Krupp, a Essen, la roue en fer puddlé est, de même, fabriquée encore d'après un ancien procédé consistant à forger un centre avec moyeu et toile pleine, puis à enrouler autour du centre ainsi formé un fer brut de profil spécial formant la jante, le tout étant pilonné au blanc soudant.

Les roues en acier coulé sont devenues, de même, une

Fig 31. — PRINCIPE DU LAMINOIR
A ROUES PLEINES

Vue en plan



Légende

a	Arbre moteur du laminoir avec paliers $q.q.q$.
$c_1 c_2 - p_1 p_2$	Engrenages et pignons coniques transmettant le mouvement aux galets $g_1 g_2$ de laminage de la toile placée sur les arbres de laminoir $t_1 t_2$
$o_1 o_2$	Paliers tournant autour d'un axe vertical
$s_1 s_2$	Paliers de serrage des galets $g_1 . g_2$ avec cylindres hydrauliques $h\ h_2$
$g_3 h_3$	Galet et cylindre hydraulique pour laminage de la jante
R	Roue à laminer fixée sur un axe X se plaçant dans des paliers à glissières

fabrication courante; elles sont appliquées surtout aux grandes roues de locomotives avec rayons de section ovale; les administrations de chemins de fer craignent cependant encore les défauts invisibles et retassures aux joints entre rayons et jante et demandent beaucoup plus, pour wagons à voyageurs, les roues à centre plein laminées que l'on fabrique depuis environ vingt ans, et dont le Bochumer-Verein avait le monopole jusqu'en ces

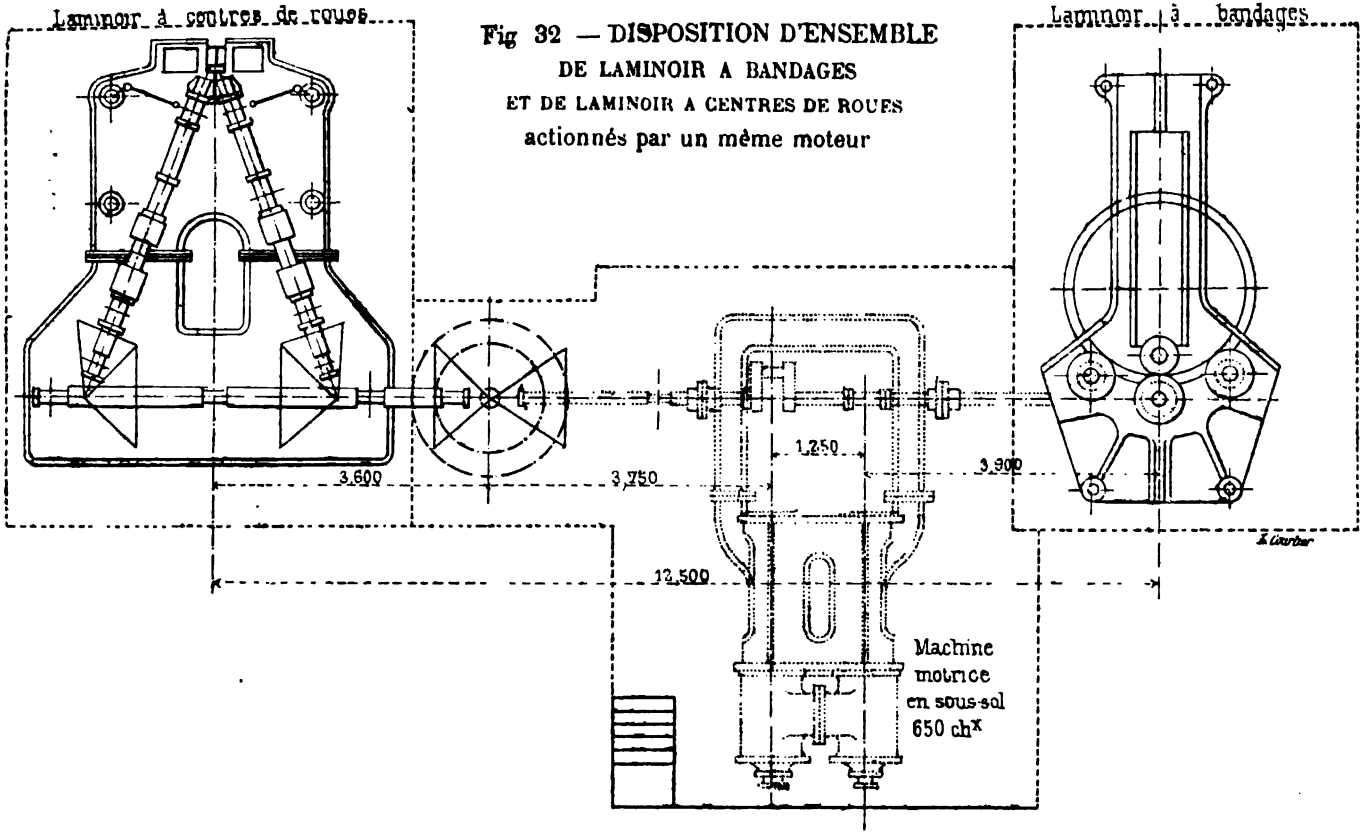


Fig 32 — DISPOSITION D'ENSEMBLE
DE LAMINOIR A BANDAGES
ET DE LAMINOIR A CENTRES DE ROUES
actionnés par un même moteur

derniers temps (1); aujourd'hui les centres laminés sont fabriqués aussi aux usines d'Oberhausen, de Hœrde et de Rath (Ehrhardt).

Le principe du laminoir à centres de roues ressort du croquis ci-contre *(fig. 31)*, et toutes les constructions en usage en découlent (2).

Dans quelques usines on a combiné le laminoir à centres de roues avec le laminoir à bandages, la même machine étant utilisée (Hœrde, Rath) suivant la disposition ci-contre *(fig. 32)*. Le moteur à vapeur réversible de 500 à 650 *ch* pour l'installation de Rath a des cylindres de 600 *mm* de diamètre, course de 940 *mm* et fait 80 tours par minute; cette machine, avec le train à bandages correspondant a été livré par la Mærkische Maschinenfabrik de Wetter, qui a construit jusqu'à ce jour 26 trains à bandages dont ces ateliers se sont fait une spécialité; à Hœrde, où la pression de vapeur de l'atelier à bandages et roues est de 10 *kg*, la machine a des cylindres de 550 *mm* de diamètre pour 940 *mm* de course.

La production d'un laminoir à roues est, en marche normale, de 60 à 80 centres laminés par poste de 12 heures; on a cependant obtenu déjà à Hœrde 100 pièces en 12 heures.

A l'aciérie d'Oberbilk nous avons vu, par contre, fabriquer des centres de roue à toile pleine en fer fondu forgé, le laminoir ne servant qu'à refouler légèrement et à égaliser la jante préparée à la matrice sous un marteau-pilon de 12 *t*; le forgeage seul ne peut cependant donner des toiles aussi minces que celles obtenues par le laminage et la régularité des épaisseurs est moindre. Ce même procédé est employé aux usines Phœnix à Ruhrort.

Notons enfin que les usines Van der Zypen, à Cologne-Deutz, fabriquent les roues en fer d'après le procédé Brunon, de Rive-de-Gier.

En ce qui concerne la fabrication des *bandages*, nous n'avons à signaler ici aucune modification au procédé universellement appliqué avec lingots aplatis, percés au pilon de 12 à 15 *t*, élar-

(1) Il est intéressant de constater ici que la Société de Bochum a acheté son premier laminoir à roues à Hautmont, où la construction paraît avoir été mise en pratique tout d'abord.

(2) Quelques-unes des installations de laminoirs à centres de roues ont été exécutées sur les indications de M. E. Widekind, Ingénieur civil à Dusseldorf; la Société de construction de Benrath, a étudié aussi tout récemment, une disposition intéressante avec moteurs électriques remplaçant les cylindres hydrauliques pour le serrage des galets coniques lamineurs, mais nous ne sommes pas autorisés encore à en publier les dessins.

gis et profilés sur une enclume à corne, puis laminés sur des trains tantôt horizontaux, tantôt verticaux; les bandages laminés sont quelquefois centrés encore chauds, sur une machine à centrer spéciale à piston hydraulique, puis refroidis soit à l'air libre, pour les qualités ordinaires, ou mieux sous des escarbilles ou dans des pits pour qualités spéciales.

Quant aux *essieux*, nous avons vu, à l'occasion de l'étude de l'Exposition de Dusseldorf, que certaines usines essayaient de lancer la fabrication d'essieux creux (Krupp, Ehrhardt, etc.), dont l'application ne s'est cependant pas encore généralisée.

Les chemins de fer allemands n'acceptent pas les essieux simplement laminés, mais exigent un métal forgé soit au pilon, soit à la presse; en ces derniers temps, les aciers au nickel trouvent aussi leur emploi pour ces produits, qui jouent un rôle prépondérant dans la question de la sécurité des voyageurs.

Tubes en fer et en acier.

La fabrication des tubes a pris, de même, une énorme extension dans ces dernières années, en raison des besoins momentanés du marché métallurgique pour les locomotives, les chaudières marines et les chaudières fixes à haute pression; toutefois, ce développement des usines à tubes a eu pour conséquence naturelle une forte baisse des prix et la situation des fabricants est aujourd'hui des plus difficiles.

Il y a dans toute l'Allemagne 23 usines fabriquant les tubes, dont 15 en Westphalie, savoir :

Rhin et Westphalie.	15	usines (suivant détail ci-dessous).
Lorraine.	1	usine à Ars-sur-Moselle.
Allemagne du Sud .	1	— à Raunheim-sur-Mein.
Allemagne du Nord.	1	— à Halle-sur-Saale.
Saxe	1	— à Lauchhammer, près Riesa.
Haute-Silésie. . . .	4	usines (Bismarkhütte, Huldschinsky, Bethlenfalva, Kœnigshütte).
Total. . . .	23	usines à tubes.

Les quinze usines rhéno-westphaliennes sont les suivantes:

1. Düsseldörfer Röhren und Eisenwalzwerke (Pœnsgen), à Dusseldorf-Oberbilk ; tubes laminés en fer et fer fondu et tubes laminés sans soudure par un procédé mixte.

2. Rheinische Metallwaaren et Maschinenfabriken (Ehrhardt), à Dusseldorf-Derendorf (tubes sans soudure étirés par le procédé Ehrhardt), et à Dusseldorf-Rath (tubes soudés en hélice avec gaz à l'eau ;
3. Société austro-allemande des tubes Mannesmann avec quatre usines dont deux en Allemagne (Dusseldorf-Rath et Bous-sur-Saar) ;
4. Wittener Stahlröhrenwerke, à Witten-sur-Ruhr ;
5. Röhrenwalzwerke Aktien Gesellschaft, à Schalke ;
6. Thyssen et C^ie^, à Mülheim-sur-Ruhr ;
7. Société Union, à Dortmund ;
8. Düsseldörfer Röhrenindustrie, à Dusseldorf ;
9. Balcke Tellering et C^ie^, à Benrath, près Dusseldorf ;
10. J.-P. Piedbœuf et C^ie^, à Dusseldorf-Oberbilk ;
11. Société des laminoirs Hahn (de Berlin), à Dusseldorf-Oberbilk ;
12. Eschweiler Eisenwalzwerk, à Eschweiler 2 ;
13. Société Eschweiler-Cologne, à Cologne-Ehrenfeld ;
14. Friedrich-Wilhelmshütte (Sieg-Rheinische Gesellschaft) ;
15. Usines de Hilden, à Hilden.

La plus grande partie de ces usines fabriquent le tube en fer puddlé ou en fer fondu extra-doux, soudable par le procédé de soudure par recouvrement sur un laminoir à mandrin et dont la disposition est connue.

Les usines Mannesmann fabriquent, par contre, les tubes sans soudure, d'après le système Mannesmann modifié et perfectionné, mais la proportion des rebuts et surtout l'usure rapide de l'outillage nous permettent de supposer que ce mode de fabrication est susceptible encore de bien des améliorations avant de donner les bénéfices que l'on en attendait au début.

Les usines Ehrhardt, à Dusseldorf-Derendorf, livrent, d'autre part, des tubes sans soudure en acier, d'après le procédé Ehrhardt (corps creux) avec lingots carrés dans une matrice ronde, perçage et étirage à la presse hydraulique ; ce système nous semble être plus économique que le précédent et nécessiter des installations un peu moins coûteuses ; toutefois, là encore la question du rebut et de l'usure du matériel joue un rôle très important, quoique moindre que pour les tubes Mannesmann.

La même Société (Ehrhardt) a installé, par contre, dans son usine de Rath, près Dusseldorf, un atelier pour la fabrication de tubes soudés *en hélice ;* c'est le seul atelier de ce genre existant en Europe à notre connaissance ; les bandes métalliques, livrées

par le laminoir universel sous forme de couronne, sont amenées avec inclinaison de 45 degrés sur l'axe du tube à fabriquer et la soudure est obtenue pendant une rotation lente du tube autour de son axe, par chalumeau à gaz hydrique et petit martinet à frappe étroite et marche rapide (voir *Bulletin* de juillet 1902, page 107).

La fabrication de tubes *soudés au gaz à l'eau* se retrouve, du reste, pour les dimensions au-dessus de 250 *mm* jusqu'à 3 *m* de diamètre dans plusieurs usines produisant le tube ordinaire; on peut obtenir une longueur maxima en une seule pièce de 5,50 *m*, tandis que, pour longueurs plus grandes, on soude deux tronçons de tube l'un à l'autre avec un seul et même appareil.

C'est la Société Dellwick-Fleischer qui a fourni la plupart des installations de ce genre, notamment à :

	Nombre de gazogènes.	m^3 de gaz par gazogène et par heure.
Deutsche Röhrenwalzwerke, à Dusseldorf .	2	pour 250 à 320
Usine à tubes, de Duisburg	2	— 100 à 130
Balcke Tellering et C^{ie}, à Benrath	2	— 250 à 320
Société Ferrum (Rhein et C^{ie}), à Kattowitz (Haute-Silésie)	1	— 250 à 320
Lange et Gehrkens, à Altona	1	— 140 à 210
Fitzner et Gamper, à Laurahütte (Haute-Silésie)	2	— 250 à 320
Fitzner et Gamper, à Sosnowice (Pologne russe)	2	— 500 à 650

Ces deux dernières installations ne sont appliquées qu'à la soudure de corps de chaudières. Les soudures sont obtenues ici, comme pour les tubes en hélice, par chalumeau à gaz hydrique et martinet soudeur avec enclume placée sur un bras de levier équilibré par des contrepoids; avec des tôles de chaudière de 8 à 10 *mm*, on peut souder environ 4 *m* par heure avec trois ouvriers seulement; l'épaisseur minima admissible pour un bon soudage est de 3 *mm*.

Une usine westphalienne emploie aussi pour fabriquer les tubes de chaudières et de locomotives, le procédé suédois consistant dans la transformation d'un corps creux cylindrique (hollow-bloom) préparé à la presse, en un tube sans soudure, par le passage sur quinze mandrins avec cannelures de diamètres

différents, la réduction de diamètre à chaque passe étant de 5 à 6 *mm* et le tout se faisant en une seule chaude.

Nous ne pouvons entrer dans plus de détails relativement à la fabrication des tubes, le procédé par soudage et laminage étant connu, et les autres usines n'autorisant pas la publication des données les concernant, quelques-unes même ne permettant pas la visite des ateliers.

Après avoir ainsi passé en revue, dans ses grandes lignes, la situation de l'industrie métallurgique du Rhin et de la Westphalie et en avoir fait ressortir seulement quelques points saillants présentant soit une certaine nouveauté, soit un intérêt spécial comme possibilité d'application, nous devons reconnaître qu'en réalité ce sont les usines de cette région qui ont fait accomplir à la fabrication du fer et de l'acier, en Europe, au moins en ce qui concerne la puissance de production des appareils métallurgiques, les progrès les plus sensibles en ces dernières vingt années.

Les établissements westphaliens, fondés sur le combustible et forcés de s'approvisionner de minerais étrangers, afin de pouvoir utiliser rationnellement le minerai local, ont basé en effet pour la plupart leurs calculs de prix de revient sur une forte production, en vue de réduire la quote des frais généraux par tonne de produits; aussi la question des transports, qui n'est encore résolue qu'en partie, a-t-elle été l'objet principal de l'attention des métallurgistes qui ont adopté, partout où cela leur a été possible, les modèles américains pour les manipulations rapides et à bon marché du minerai et des combustibles. Imitant, d'autre part, les installations américaines et dépassant, comme puissance de production, les usines anglaises, les grandes aciéries de la Westphalie ont cherché à parfaire le tonnage nécessaire à un prix de revient raisonnable conforme aux installations nouvelles, en activant leur exportation, soit dans les pays européens, et notamment en Russie, soit au delà des mers et dans les colonies; ces dernières n'offrent, cependant, encore que des débouchés fort restreints à l'industrie métallurgique, et la concurrence à l'exportation, pour tous les autres pays, s'accentue de plus en plus; il en résulte que cette exportation ne laisse que de faibles bénéfices et doit être effectuée à des prix restant souvent en dessous des prix de revient bruts, les frais généraux étant supportés par

les fournitures à l'intérieur, pour lesquelles les prix de vente doivent, dans ce cas, être soutenus par les syndicats et basés sur les droits de douane.

La crise actuelle nous semble donc due, en Allemagne, tout comme en Russie, du reste, à une surproduction qui devra être limitée peu à peu aux débouchés naturels offerts par les besoins de l'intérieur et du gouvernement, avec une faible part d'exportation, cette dernière pouvant être d'autant plus active que les prix de revient seront plus réduits.

Les grandes usines de Westphalie qui ont suivi le progrès auront toujours une supériorité marquée sur leurs concurrents à l'exportation, en ce sens que leur outillage perfectionné leur permettra de fournir rapidement et de répondre à toutes les exigences de la clientèle; ce résultat est dû à ce qu'elles ont mis à profit les années prospères pour améliorer leurs installations, pour construire des appareils plus puissants et appliquer sans hésitation toutes les modifications leur paraissant susceptibles de réduire les prix de revient de fabrication.

On a cherché aussi à fabriquer des pièces de dimensions de plus en plus grandes et plus lourdes, tendance qui a été appuyée efficacement surtout par la marine allemande, dont le développement rapide a entraîné tout naturellement celui des forges, des laminoirs et des fonderies d'acier. C'est donc en réalité à l'État que les usines métallurgiques de Westphalie semblent devoir principalement leur vitalité et les bénéfices qu'elles ont pu réaliser pendant une longue période de prospérité. Cette prospérité semble toutefois avoir atteint sa limite supérieure en 1900; les besoins de la consommation privée étant aujourd'hui inférieurs de beaucoup à la puissance de production des usines, celles-ci dépendent ainsi du gouvernement en tant que fabrication rémunératrice, et nous ajouterons que ce n'est pas seulement en Allemagne que la situation se présente actuellement sous cet aspect.

Quoi qu'il en soit, les améliorations incessantes des installations des usines métallurgiques sont une conséquence naturelle et inévitable de la concurrence, et ce, malgré les droits protecteurs dont jouissent aujourd'hui les industries de presque tous les pays d'Europe; ce n'est qu'en appliquant en temps opportun, mais sans retard et judicieusement, ces améliorations que l'on peut se trouver en mesure de soutenir la lutte avec cette concurrence, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur, et à cet effet c'est,

l'étude incessante des éléments composant chacun des facteurs du prix de revient de chaque produit fabriqué, qui doit servir de point de départ suivant la possibilité du moment et suivant les capitaux disponibles. Dans cet ordre d'idées, nous ferons simplement ressortir les appareils de manutention des minerais et combustibles, la récupération des sous-produits les plus divers des fours à coke, des hauts fourneaux et des aciéries, l'agrandissement des appareils à air chaud et des machines soufflantes, l'utilisation toute récente et cependant déjà si développée du gaz des hauts fourneaux, les appareils mécaniques et électriques les plus variés, réduisant les dépenses de force motrice et de main-d'œuvre dans les aciéries et les laminoirs, les condensations centrales destinées à diminuer la consommation de charbon, la récupération des chaleurs perdues qui peut en découler, etc., le tout devant, bien entendu, être combiné avec une étude continuelle de l'amélioration de la qualité des produits fabriqués, basée sur les matières premières dont on peut disposer à des prix raisonnables, et sur les usages auxquels ces produits sont destinés.

CHRONIQUE

N° 277.

Sommaire. — Expériences comparatives sur l'emploi de l'alcool et de la benzine dans les moteurs à explosion. — L'Union des chemins de fer allemands. — Démolition d'une cheminée d'usine par la dynamite. — Soufflerie à turbine. — Les carrières de Soignies. — Le tir contre la grêle. — Calcul de la résistance des matériaux dans le mouvement de rotation. — Lampe électrique à vapeur de mercure.

Expériences comparatives sur l'emploi de l'alcool et de la benzine dans les moteurs à explosion. — Nous avons donné, dans la Chronique de Janvier 1902, un résumé des expériences faites par M. Güldner, à Augsbourg, sur l'emploi comme force motrice de l'alcool et de la benzine. Nous croyons utile de donner ici les conditions et les résultats de recherches analogues qui ont fait l'objet d'une communication de M. Th. Müller au groupe de Franconie et du Haut Palatinat de l'Association des Ingénieurs allemands. Ces recherches sont très complètes; elles portent sur des combustibles de composition variée, tant comme alcool que comme benzine et font intervenir la variation de la compression, élément qui joue un rôle important dans la consommation des moteurs.

Dans ces expériences faites à Nuremberg, par M. de Paller, on s'est servi d'un moteur à benzine de 2 *ch*, dont le cylindre avait un alésage de 130 *mm* et le piston une course de 230 *mm*. Le nombre de tours du volant variait entre 210 et 240 par minute. Comme nous venons de l'indiquer, on tenait à procéder avec des degrés de compression divers. A cet effet, une plaque formant fond mobile placée à l'arrière du cylindre pouvait être poussée par une vis et rapprochée du piston de manière à faire varier la capacité de la chambre de compression. Par ce moyen, la compression normale qui était de 3 *atm* pouvait être successivement portée à 3 1/2, 5 et 7 1/2.

Le volant du moteur actionnait par courroie une dynamo Schuckert dont le courant était absorbé par une résistance; la mesure des éléments de ce courant permettait de connaître le travail développé. D'autre part, on mesurait le travail brut produit sur le piston au moyen d'un indicateur de Schaffer et Budenberg dont le ressort avait une flexion de 2 *mm* par kilogramme.

On a employé comme combustibles des benzines de 0,69 — 0,71 — 0,74 — 0,76 et 0,78 de densité et des mélanges d'alcool à 90 0/0 de 90 d'alcool et 5 de benzol; 90 d'alcool et 12 de benzol et enfin 90 d'alcool et 20 de benzol.

Nous croyons inutile d'entrer ici dans le détail des expériences qu'on trouvera dans le numéro du 10 janvier 1903 du *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*. Nous donnerons seulement les conclusions formulées par les expérimentateurs. Voici le résumé de ces conclusions :

1° La consommation par cheval, qui diminue à mesure que la compression augmente, est avec l'alcool encore plus élevée, même aux fortes compressions, qu'avec la benzine avec de moindres compressions;

2° Il en résulte que, pour avoir les meilleurs résultats avec l'alcool, il faudrait des moteurs plus résistants et, par conséquent, plus lourds que pour la benzine, ce qui présente des inconvénients sérieux pour certaines applications, telles que l'automobilisme où on recherche la légèreté;

3° Les mélanges d'air et de vapeur alcoolique sont plus difficilement inflammables que les mélanges d'air et de vapeur de benzine, ce qui constitue une difficulté sérieuse pour la mise en train des moteurs; il est bon, lorsqu'on emploie l'alcool, d'opérer le départ au moyen de benzine; cette précaution, admissible sur les moteurs fixes, créerait une sujétion très gênante sur les automobiles qui ont pourtant besoin d'une mise en train rapide et d'un allumage facile et sûr;

4° Les expériences n'ont pas montré que l'alcool donnât moins de dépôt charbonneux dans les moteurs que la benzine. Une marche prolongée avec l'alcool produit une accumulation d'eau condensée dans les conduits d'échappement et d'allumage. L'analyse des gaz de l'échappement a montré des traces d'acides, notamment d'acide acétique dont la présence, à la longue, peut être dangereuse pour le métal des cylindres;

5° La consommation et la dépense sont, dans tous les cas des expériences, plus élevées avec l'alcool qu'avec la benzine. Ces résultats sont donnés au complet dans le tableau ci-joint.

La communication de M. Müller a été suivie d'une discussion où il a été produit quelques faits intéressants, bien que la plupart des orateurs se soient bornés à discuter sur les prix comptés pour les liquides employés.

Ainsi M. Schmerke a rapporté les résultats obtenus par lui sur son moteur de 8 *ch*, dont le piston avait 120 *mm* de diamètre sur 800 de course et dont le volant faisait 800 tours par minute. Il a obtenu une consommation de 400 *g* par cheval-heure avec la benzine et de 720 *g* avec l'alcool contenant 20 0/0 de benzine. Par contre, l'orateur trouve trop bas le prix de 28,75 *f* donné par M. Müller; il croit qu'il faut plutôt compter couramment sur des prix plus élevés allant jusqu'à 47,50 *f*. Cette dernière assertion a d'ailleurs été généralement contestée.

On a cité l'exemple d'un moteur de 12 *ch*, de la fabrique de Marienfeld, qui a dépensé 0,627 *kg* par cheval-heure d'un mélange d'alcool à 0,90 avec 20 0/0 de benzol. Avec de l'alcool à 0,90 sans mélange, la consommation s'élevait à 0,745 *kg* et le travail descendait à 5 *ch*; enfin avec de l'alcool à 0,84 le travail n'était plus que de 3 *ch*.

Les conclusions de M. Müller sont, comme on le voit, encore plus défavorables que l'étaient celles de M. Güldner à l'emploi de l'alcool comme force motrice, car il présente d'autres objections que celles qui se rapportent à la dépense de combustible.

Nous devons faire observer qu'il n'est pas facile de faire ici des comparaisons avec les consommations relevées par M. Ringelmann sur les moteurs des concours internationaux tenus à Paris, parce que, dans ces expériences, les consommations ont toutes été rapportées à l'alcool

NATURE DU COMBUSTIBLE	PRIX par 100 *kg*	CONSOMMATION ET DÉPENSE PAR CHEVAL-HEURE AVEC DES COMPRESSIONS DE							
		3 *atm*		3 1/2 *atm*		5 *atm*		7 1/2 *atm*	
		kg	*f*	*kg*	*f*	*kg*	*f*	*kg*	*f*
Benzine pesant 0,690 . . .	30,00*f*	0,608	0,182	0,568	0,170	0,440	0,132	0,386 ?	—
Id. 0,710 . . .	28,75	0,622	0,179	0,589	0,169	0,448	0,129	0,456 ?	—
Id. 0,740 . . .	23,75	0,679	0,161	0,610	0,145	0,514	0,122	0,446	0,106
Id. 0,750 . . .	21,25	—	—	0,628	0,133	0,539	0,115	—	—
Id. 0,780 . . .	20,00	0,712	0,142	0,651	0,133	0,564	0,113	0,532	0,106
Alcool 90 + 5 B	23,55	1,060	0,250	1,025	0,241	0,956	0,225	0,840	0,197
Id. 90 + 12 B	24,00	0,931	0,224	0,921	0,222	0,907	0,219	0,776	0,187
Id. 90 + 20 B	24,75	0,890	0,220	0,882	0,218	0,853	0,211	0,720	0,178

Avec la compression à 7 1/2 *atm*, la marche du moteur a été peu régulière et peu sûre.

Les prix indiqués pour la benzine sont ceux du tarif de la Société par actions de l'industrie du pétrole, à Nuremberg-Doos.

Les prix pour l'alcool à 90 0/0 sont ceux de la Centrale pour le commerce de l'alcool, à Berlin.

La densité de l'alcool pur a été, pour les mélanges, comptée à 800 et celle du benzol à 820.

contenant 50 0/0 d'essence, alors que, dans les recherches dont nous venons de parler, la proportion de carburant n'a pas dépassé 20 0/0.

Nous ne donnons, d'ailleurs, le résultat de ces recherches que comme une contribution intéressante à l'étude d'une question très controversée.

L'Union des chemins de fer allemands. — L'Union des chemins de fer Allemands, en allemand et en abrégé le « Verein » comprenait, au premier janvier de cette année, 74 administrations de chemins de fer dont :

a. — 46 en Allemagne dont 21 directions de chemins de fer prussiens et hessois ;

b. — 20 en Autriche-Hongrie ;

c. — 4 en Hollande (Chemins de fer Hollandais, Central Néerlandais, État Néerlandais et Nord Brabant Allemand) ;

d. — 1 dans le Grand-Duché de Luxembourg (Chemin de fer Prince Henri) ;

e. — 1 en Belgique (Chemin de fer de Chimay) ;

f. — 1 en Roumanie (Chemin de fer de l'État Roumain) ;

g. — 1 dans la Pologne russe (Chemin de fer de Vienne à Varsovie.

Les lignes comprises sous les désignations *a* à *g* ont une longueur totale de 93 737,04 *km* ; cette longueur se répartit comme suit :

1° *a)* Chemins de fer de l'État en Prusse et dans la Hesse	32 137,05 *km.*
b) État Bavarois (Palatinat compris)	6 232,91
c) État Saxon	3 155,01
d) État Wurtembergeois	1 901,08
e) Etat de Bade	1 657,53
f) Chemins de fer impériaux d'Alsace-Lorraine	1 873,21
g) Diverses lignes allemandes d'État ou privées	3 638,75
TOTAL des lignes en Allemagne	50 985,54 *km.*
2° Chemins de fer en Autriche-Hongrie (État Autrichien 11 606,02 *km* et l'État Hongrois 14 456,66 *km.*)	35 986,29 *km.*
3° Chemins de fer de Bosnie (Chemin de fer militaire de Banjaluka-Doberlin)	104,33
4° Chemins de fer Hollandais	2 844,38
5° Chemins de fer Luxembourgeois	186,54
6° Chemins de fer en Belgique	59,11
7° Chemins de fer Roumains	3 078,56
8° Chemins de fer dans la Pologne Russe	492,29
TOTAL	93 737,04 *km.*

La longueur des lignes faisant partie du « Verein » était, au 1er janvier 1902, de 92 125,71 *km*, ce qui donne une augmentation de 1 611,83 pendant l'année 1902. Dans ce chiffre, les lignes allemandes entrent pour 1 006,69 *km*, soit 62,48 0/0, les lignes austro-hongroises pour 582,53, ou 36,15 0/0, et les autres pour 22,11 *km*, ou 1,37 0/0.

Le *Zeitung des Vereines Deutscher Eisenbahnverwaltungen*, organe du « Verein », auquel nous empruntons ces renseignements, fait remarquer que la longueur donnée plus haut pour la longueur des lignes faisant partie de cette association, représente 2 1/4 fois la circonférence de la terre à l'équateur et le quart de la distance moyenne de la terre à la lune comptée à 384 420 *km.*

Démolition d'une cheminée d'usine au moyen de la dynamite. — L'opération dont il s'agit a été effectuée à Washington sur une cheminée de 45,75 *m* de hauteur. Cette cheminée était construite en briques rouges maçonnées avec du mortier de ciment, et contenait une gaine en briques réfractaires maçonnées aussi en mortier de ciment; la gaine et l'enveloppe extérieure étaient séparées par un intervalle contenant une couche d'air. La hauteur au-dessus de la fondation était, comme on vient de le voir, de 45,75 *m*. Le diamètre intérieur était, à la base comme au sommet, de 2,13 *m*. L'enveloppe avait, à sa base, la forme d'un carré de 47,5 *m* de côté, et la conservait jusqu'à une hauteur de 10,60 *m*, où le carré se transformait en octogone. La cheminée extérieure avait 0,85 *m* d'épaisseur à la base, et 0,33 *m* au sommet. La gaine intérieure avait 0,33 *m* d'épaisseur à la base, et 0,12 *m* à la partie supérieure ; sa hauteur était seulement de 30,50 *m*.

La démolition de cette cheminée ayant été décidée pour des raisons qui ne sont pas indiquées dans l'article de l'*Engineering News* auquel nous empruntons les détails que nous donnons ici, on commença par détruire au pic et à la pince la partie supérieure de la cheminée, de manière à ne laisser subsister qu'une hauteur de 30,50 *m*. Cette manière d'opérer avait pour but de donner satisfaction aux voisins, qui craignaient que la chute de la cheminée d'une seule pièce ne causât des dommages à leurs propriétés.

On fit ensuite, à titre d'essai, un trou de mine au coin nord-ouest de la base, à 0,90 *m* environ du sol, ce trou horizontal faisant un angle d'environ 45 degrés avec la face nord de la base; on le chargea d'une cartouche de dynamite. L'explosion ne produisit aucun effet sensible, un second trou percé à 0,30 *m* au-dessus du premier amena la désagrégation d'environ un quart de mètre cube de maçonnerie. On répéta ces opérations en tirant des coups successifs avec des charges de deux et trois cartouches, jusqu'à ce que toute la partie nord de la base eût été démolie sur une hauteur de 1 *m* environ, à l'exception de 1,50 *m* sur la partie à l'est. La face est présentait une ouverture de carneau de 1,80 *m* de largeur, de sorte qu'après les démolitions opérées précédemment, il restait une sorte de pilier de 1,50 *m* sur 0,85 *m*, sur lequel reposait la plus grande partie du poids des faces nord et est.

On perça alors dans ce pilier deux trous formant un angle de 45 degrés avec l'horizontale et on chargea chaque trou avec six cartouches de dynamite. Un trou fut également percé dans la face ouest à 1,50 *m* de distance de son extrémité est sous un angle de 45 degrés avec cette face. Enfin, deux trous furent percés dans la gaine réfractaire mise à nu par la destruction de l'enveloppe sur la face nord; tous ces trous furent chargés de cinq cartouches avec deux inflammateurs pour assurer l'allumage de

toute la charge, et toutes les charges furent allumées simultanément par une batterie électrique. On avait préalablement disposé autour de la cheminée des écrans en planches clouées sur des montants pour empêcher la projection des débris.

Après l'explosion, la cheminée s'inclina vers le nord avec un mouvement assez lent, jusqu'à un angle d'environ 20 degrés sur la verticale ; alors elle se rompit en trois morceaux qui s'abattirent rapidement sur le sol. Le choc sépara complètement les unes des autres près de 60 000 briques. On dégagea les autres des blocs de maçonnerie restés entiers au pic et avec des coins. L'emploi de la dynamite pour cette opération parut dangereux et coûteux, parce qu'il aurait pu détruire beaucoup de briques d'une valeur réelle ; les vieilles briques coûtent, transport non compris, 22,50 *f* le mille.

Cette opération paraît avoir été très avantageuse pour l'entrepreneur de la démolition, d'après le compte suivant des dépenses et de la valeur des matériaux retirés.

Démolition de la partie supérieure de la cheminée au pic et à la pince	750 *f.*
Démolition du reste à la dynamite	300
Nettoyage des briques : 116 000 à 3 *f.*	348
	1 398
Imprévu 25 0/0	350
TOTAL	1 748 *f.*
D'autre part, le produit s'élève à 118,000 briques valant, nettoyées	2 650 *f.*
Environ 185 m^3 de maçonnerie de brique valant environ 2,50 *f* le mètre cube	462
TOTAL	3 112 *f.*

On estime qu'il entrait dans la construction de la cheminée 140 000 briques rouges et 14 000 briques réfractaires. On a obtenu 118 000 briques rouges entières, et 2 000 briques réfractaires, 24 000 briques cassées utilisables et 12 000 non utilisables, total 154 000.

Soufflerie à turbine. — Après avoir cherché pendant plusieurs années une machine soufflante pouvant s'associer d'une manière convenable avec leur type bien connu de turbine à vapeur pour constituer une soufflerie à vapeur, MM. C.-A. Parsons et C^ie^, de Newcastle, ont créé un engin basé sur le même principe que la turbine motrice et qui est principalement destiné à faire le service des hauts fourneaux. La première application de cette nouvelle soufflerie a été faite aux Farnley Iron Works, près de Leeds.

L'installation est faite pour donner 280 m^3 d'air par minute à la pression de 2,10 *m* d'eau, pour souffler un haut fourneau. Elle remplace une machine soufflante horizontale dont le cylindre à air avait 2,135 de diamètre et autant de course. La turbine devra donner le volume d'air in-

diqué ci-dessus avec de la vapeur à 3,5 *kg* de pression et une légère contrepression à l'échappement.

L'emploi de la turbine à vapeur a, dans ces derniers temps, excité vivement l'attention, mais cet appareil n'est pas si jeune qu'on le croit généralement ; il a fallu beaucoup de temps et de dépenses pour l'amener au point de perfection où il se trouve actuellement, car M. Parsons a mis sa première turbine compound en service en 1884, c'est-à-dire il y a près de vingt ans. Nous rappelons que les principaux avantages qu'on peut invoquer en faveur de la turbine à vapeur sont les suivants :

1° Faible espace occupé ;

2° Dépenses peu élevées d'achat, de service et d'entretien ;

3° Absence de fondations spéciales et coûteuses ;

4° Réglage et graissage automatiques ;

5° Permanence des résultats obtenus dès la mise en service ;

6° Pureté de l'air ou de la vapeur sortant de l'appareil, vu l'absence de graissage des parties en contact avec l'air ou la vapeur ;

7° Dans la machine soufflante des Farnley Iron Works, il y a donc deux turbines, l'une motrice, l'autre soufflante ; les deux sont basées sur le même principe et présentent une grande analogie. La seconde comporte une enveloppe en fonte, au centre de laquelle est un arbre monté sur des supports et pouvant tourner avec une vitesse considérable. L'intervalle annulaire entre l'arbre et l'enveloppe est occupé par une double série de lames ou ailes, les unes fixes et tenant à l'enveloppe, les autres fixées à l'arbre, et par conséquent mobiles. L'air entre par la partie inférieure et se sépare en deux courants pour aller aux deux extrémités de l'enveloppe, où il est divisé par les ailes fixes et refoulé par les ailes mobiles dans la partie centrale qui communique avec la conduite de refoulement. Il y a de chaque côté deux jeux d'ailes fixes et d'ailes mobiles pour permettre d'obtenir une pression suffisante, obtenue simplement par la vitesse imprimée à l'air par les ailes mobiles. On voit qu'aucun graissage n'est nécessaire, à l'exception de celui des supports de l'arbre qui sont disposés comme ceux de la turbine motrice et dont la lubrification est assurée par l'emploi d'une pompe à huile actionnée par l'arbre au moyen d'une transmission à vis sans fin. Les deux turbines sont disposées l'une à la suite de l'autre sur le même arbre. Il est à peine besoin de faire observer que le mouvement de la machine étant circulaire continu, il n'y a aucune variation dans le volume et la pression de l'air débité, à l'inverse de ce qui a lieu avec les souffleries alternatives.

Comme on l'a déjà fait observer, un des avantages les plus sérieux d'une telle installation est le peu de place occupée. Ainsi l'appareil que nous venons de décrire, pouvant donner 280 m^3 d'air par minute occupe, moteur compris, 4,75 *m* de longueur sur 1,20 *m* de largeur et 1,50 *m* de hauteur. Toute la surveillance peut être faite du sol ; il n'est besoin ni de plates-formes, ni d'escaliers, comme avec beaucoup de types de machines soufflantes.

Il est intéressant d'indiquer que, par l'introduction de vapeur à haute pression, dans la partie à basse pression de la turbine motrice, on peut à volonté augmenter de 40 à 50 0/0 la pression du vent donné par

la turbine soufflante, ce qui peut rendre de grands services dans le cas, par exemple, d'engorgement du haut fourneau.

Les renseignements qui précèdent sont extraits de l'*Iron and Coal Trades Review*.

Les carrières de Soignies. — Nous empruntons aux *Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand*, la notice qui suit sur les carrières de Soignies.

La Société des Carrieres du Hainaut, à Soignies, a été fondée en 1888; elle exploite un gisement très riche s'étendant sur une superficie de 55 *ha*. C'est la plus vaste et la plus importante carrière de petit granit de Belgique; la production annuelle dépasse 25 000 m^3 de pierre et de nouvelles installations en cours d'exécution vont permettre d'augmenter encore sensiblement la force productive.

Les Carrières du Hainaut, les premières en Europe, remplacerent les nombreux moteurs à vapeur disséminés dans les chantiers par des électromoteurs actionnant, selon les besoins du service, des treuils, pompes, cabestans, ponts roulants et tous engins mécaniques généralement en usage dans les exploitations de ce genre.

La station centrale comprend trois chaudières Cornwall-Galloway, de 110 m^2 de surface de chauffe chacune, fournissant la vapeur à la pression de 10 *atm* à une machine compound de 600 *ch* de la maison Carels. Cette machine commande directement : 1° trois dynamos génératrices dont le courant est envoyé aux divers points à desservir; 2° une partie des scieries; et, à l'aide d'une transmission télédynamique, un pont roulant de 60 *t*.

La première des dynamos génératrices donne à la vitesse de 525 tours par minute, 420 ampères sous 120 volts; elle est utilisée pour l'éclairage. Celui-ci comporte 350 lampes à incandescence de 16 à 20 bougies, réparties dans les usines, ateliers, bureaux et dépendances, ainsi que 30 lampes à arc de 12 ampères et 4 foyers de 30 ampères servant à l'éclairage du fond d'extraction et des chantiers.

Les deux autres dynamos ont une puissance respective de 100 et 175 kilowatts et servent aux transports de force de l'énergie électrique qui trouvent dans les Carrières du Hainaut les applications les plus diverses. Ainsi, un moteur de 150 ampères actionne une pompe Weise et Monski, refoulant du fond de la carrière 60 à 70 m^3 d'eau par heure. Quatre autres moteurs, de 300 ampères chacun, attaquent par courroies l'arbre de la vis sans fin des cabestans qui effectuent le traînage des blocs dans le fond de la carrière. Ces cabestans sont à deux vitesses, l'une pour les fortes charges, l'autre pour les blocs plus petits; toutefois, le type de cabestan à vis sans fin est destiné à disparaître. En effet, depuis l'application des freins électriques, on adopte la commande directe par engrenages droits. Un cinquième cabestan a été installé récemment dans ce système et a une force de 35 *ch*.

Un puissant treuil, actionné par un moteur électrique de 45 *ch* est installé en tête de la rampe; les réductions de vitesse de ce treuil se font directement par engrenages à chevrons, puis par engrenages droits. Cet engin est employé pour remonter les blocs de pierre du fond d'extrac-

tion sur une rampe de 34 0/0 sur 125 *m* de longueur. La remonte des blocs se fait aussi par un élévateur électrique permettant d'enlever des blocs de 60 *t* à l'extrémité d'un porte-à-faux de 10 *m* surplombant la carrière.

Un moteur de 300 ampères sous 120 volts, installé à proximité des terres provenant des déblais de la carrière actionne par courroie un treuil à deux directions assurant le service de deux brigades de terrassiers occupés simultanément en deux endroits différents de la carrière.

Un autre moteur de 80 *ch* commande une scierie de six châssis et deux ponts roulants de 10 *t*, actionnés aussi par moteurs électriques, desservent les magasins de sciages et permettent de manier avec la plus grande facilité, des pièces d'un poids déjà considérable. Sur les chantiers, l'énergie électrique est employée encore à des usages divers, tels que la traction des wagons, la commande des ventilateurs, etc.

De nouvelles installations de transport d'énergie électrique sont à l'étude. Lorsque les chaudières et moteurs à vapeur étaient disséminés dans les chantiers et tenus sous pression nuit et jour, pour alimenter des engins qui ne fonctionnaient que par intermittence, la consommation de charbon atteignait 3 à 4 *kg* par cheval utile. Depuis l'installation de la distribution électrique, la consommation ne dépasse pas 1 *kg* par cheval-heure.

En vue d'éviter tout chômage pouvant résulter d'un accident au moteur principal, on a établi une machine centrale de secours de 300 *ch*, toujours prête à marcher. En outre, on a conservé un treuil d'extraction, un cabestan et une pompe, pouvant assurer, dans une certaine mesure, le service de l'usine en attendant la réparation du moteur, qui constitue l'âme de l'exploitation.

Le petit granit que les carrières dont nous nous occupons exploitent, d'une belle couleur bleuâtre et uniforme, et d'un poids spécifique de 2,7, est recouvert d'une couche de terre de 5 à 6 *m* de hauteur. La pierre est disposée par assises ou bancs d'épaisseurs différentes qui se sont constituées horizontalement, mais, après la formation du gisement, les bancs, à la suite de soulèvements du sol, se sont trouvés inclinés avec une légère pente de 10 à 12° vers le sud-ouest.

Le délit de terre consiste en une épaisseur de 10 *cm* environ de terre grasse très compacte recouvrant le bas gisement et servant de point de repère dans les recherches des nouveaux gisements.

Les bancs immédiatement supérieurs au délit de terre sont d'un grain plus foncé et plus serré. Ils sont plus durs et néanmoins, sont considérés comme formant une bonne qualité de pierre. En s'élevant davantage au-dessus du délit de terre, on rencontre bientôt des assises plus minces qui se débitent très irrégulièrement. Ces assises prennent le nom de « roches », et ne sont exploitées que pour la fabrication de la chaux. Elles trouvent parfois leur emploi aussi, comme dallots d'égouts, socles de colonnes, et, en général, pour la confection de pièces destinées à être enfouies dans le sol.

Le gisement de Soignies, qui a créé dans le pays et à l'étranger la réputation de la pierre bleue, descend depuis le délit à la terre jusqu'aux assises appelées vulgairement « gros dur et clinquantes ». Ces

dernières assises contiennent beaucoup de fissures et de cassures et, par la nature de ces défauts, ont beaucoup d'analogie avec la majeure partie des pierres extraites des montagnes du pays de Liège, où les bancs ont été relevés presque verticalement et ont eu, par conséquent, beaucoup plus à souffrir des soulèvements du sol.

Dans les carrières de la Société des Carrières du Hainaut, le gisement est aisément exploitable, grâce à la présence des coupes naturelles qui le sillonnent; il n'est fait usage, sauf de rares exceptions, que de la main de l'ouvrier pour détacher les blocs du massif de pierres.

L'ouvrier rocteur aligne dans le sens du débit, suivant une veine qui se « refend », une série de trous distants de 25 ou 30 *cm* ou plus, suivant que le débit est plus ou moins marqué. On opère le même travail dans le sens vertical, d'après les mesures que l'on veut obtenir ou, quand c'est possible, en suivant un fil détachable. Les ouvriers rocteurs introduisent alors des coins bien calés dans les trous de forme spéciale préparés dans ce but et, au moyen d'un lourd marteau, frappent à coups redoublés sur les coins, jusqu'au moment où le bloc, poussé par la réaction des coins, se soit détaché de la masse avec laquelle il faisait corps. Il est à remarquer cependant que ce travail n'est réalisable qu'autant que l'action des coins a pour effet de pousser la pierre dans le vide, car, si les faces opposées aux rangées de trous ne sont pas libres, on ne parviendra qu'à détacher la matière par petits morceaux. Il se présente des cas, toutefois, notamment lorsque la pierre n'est pas libre naturellement, où il faut avoir recours à des procédés artificiels. Anciennement, on faisait usage de la trancheuse mécanique, mais cet appareil, relativement lent, était, en outre, très coûteux d'entretien et exigeait une grande consommation de vapeur. Ce système a été abandonné et l'on arrive maintenant au même but et à moins de frais, grâce à l'appareil à fil hélicoïdal.

La Société des Carrières du Hainaut possède un appareil de ce genre pour ses besoins du fond d'extraction et huit appareils sur chantiers servant à ébaucher les pierres brutes qui doivent être livrées au commerce ou qui sont destinées à entrer dans les scieries.

L'emploi du fil hélicoïdal pour le débitage des blocs est relativement récent dans les carrières de pierres bleues. On se bornait, autrefois, à faire en petit sur les chantiers le même travail de découpage que dans le siège d'extraction. Cette innovation permet de réaliser une grande économie de matière première et de temps, car le travail du fil réduit de beaucoup la main-d'œuvre du tailleur de pierre.

Mais, si l'appareil au fil est le débiteur grossier et le coupeur de pierre par excellence, les scieries sont les machines à façon et à débit les plus indispensables dans une carrière qui veut tirer le plus grand parti possible de ses produits.

Le sciage de la pierre bleue s'opère, grâce à l'homogénéité du calcaire, à toute épaisseur depuis 10 à 12 *mm*. Les Carrières du Hainaut possèdent trente armures qui fonctionnent jour et nuit et débitent des blocs mesurant jusqu'à 5 *m* de longueur sur 3 *m* de hauteur. Chaque armure se compose d'un châssis horizontal qui porte un certain nombre de lames parallèles dont on peut fixer à volonté la distance pour régler

l'épaisseur des tranches. Le châssis est suspendu par quatre bielles et est guidé par deux traverses entre quatre colonnes; il est mis en mouvement par un bras que commande une manivelle actionnée elle-même par la transmission de la machine. Des turbines refoulent constamment de l'eau et du sable sous les scies et celles-ci descendent dans le bloc au fur et à mesure de l'usé.

Douze nouvelles armures sont en construction dans les ateliers des Usines de Braine-le-Comte et marcheront en mars 1903, portant ainsi le nombre des châssis à scies à quarante-deux.

Une grande partie des sciages sont livrés aux marbriers qui en font emploi journellement dans la fabrication des monuments funèbres ou dans les travaux de marbrerie.

Les pierres brutes ou sciées, non vendues comme telles, sont transformées et façonnées dans les carrières mêmes. Ces pierres sont disposées sous les hangars des tailleurs de pierre, chargés de tirer de ces masses informes tel une console, tel un balustre ou n'importe quelle pierre dont on fait usage dans la construction. Les manutentions de pierres pesantes sont effectuées par quatre grues locomobiles du type Dorzée. Trois de ces machines peuvent circuler sur voies supportant une charge de 10 000 à 12 000 *kg*. La quatrième, de construction toute récente et plus puissante encore, résiste à un effort supérieur, la charge soulevée pouvant atteindre 15 000 *kg*. Une cinquième est actuellement en construction aux ateliers Cockerill.

Les blocs les plus volumineux sont manœuvrés par un pont roulant de 16 *m* d'ouverture, commandé par une transmission télédynamique. Il peut soulever des charges atteignant 60 000 *kg*.

Un second pont roulant, de 40 *m* de longueur utile, dont tous les mouvements seront opérés par l'électricité, est en construction dans les ateliers du Titan Anversois. Cet engin, réalisant les derniers perfectionnements, a dû être mis en marche à la fin de 1902.

Tels sont les principaux engins formant l'outillage des Carrières du Hainaut. Si tous les efforts de cette Société tendent à se tenir à la hauteur des progrès de la science dans son installation, elle a eu également à cœur d'appliquer dans ses usines toutes les réformes de nature à améliorer la situation de ses ouvriers dont le nombre varie de 700 à 800. Nous citerons, par exemple, l'institution de primes d'assiduité distribuées en espèces aux ouvriers à la fin de l'année. La prime s'élève à 10 0/0 du salaire de l'ouvrier qui ne s'absente pas sans motifs valables plus d'un jour par mois. Outre les primes en espèces, il est alloué, à titre de gratification, à la fin de l'année, 2 500 *kg* de charbon à tout ouvrier qui ne s'est pas absenté, sans motifs sérieux, plus de vingt quarts de journée pendant les mois d'été, de mars à octobre. Les Carrières du Hainaut distribuent ainsi, chaque année, comme primes en espèces et en charbon, environ 55 000 *f*.

Le tir contre la grêle. — Nous trouvons dans les journaux suisses un rapport publié par le Conseil d'État du canton de Zürich sur les expériences de tir contre la grêle faites sur les bords du lac de Zürich en 1901 et 1902. Ce rapport ne prétend pas formuler encore des conclu-

sions définitives ; il rappelle du reste que, dès l'origine, il a été stipulé que les essais porteraient sur une série de cinq années. Il contient, toutefois, nombre d'observations intéressantes à mettre en regard de celles qui ont été faites dans d'autres vignobles.

La région protégée comprend les communes entre Hombrechtikon et Erlenbach inclusivement, à l'exception de la commune de Herrliberg. Elle est partagée en cinq districts et comporte soixante-cinq canons du modèle le plus perfectionné. L'installation a coûté 36 847 *f.* soit 567 *f* par station.

La première année surtout, le tir fut assez défectueux, par défaut d'habitude et de discipline. Il a été tiré 7 288 coups en 1901, en 18 occasions, et 12 671 coups en 1902, en 15 occasions. La grêle est tombée cinq fois, mais une seule fois de façon sérieuse.

A plusieurs occasions, il a été remarqué que la grêle qui avait commencé à tomber cessa de se former aussitôt après l'ouverture du tir.

D'après les observations du Bureau météorologique, plusieurs orages qui ont été consciencieusement canonnés ne contenaient aucune menace de grêle et ne doivent, par conséquent, pas être comptés comme succès à l'actif du tir.

L'orage du 14 juillet 1901 a fourni les observations les plus intéressantes. Il venait de l'ouest et avait déjà grêlé le pays entre Zoug et Horgen, jusqu'à environ 500 *m* de la rive droite du lac vers Meilen. Herrliberg (non protégé) fut grêlé. Meilen (protégé) ne fut que légèrement atteint. Repoussé par le vent du nord, l'orage rebrousse alors chemin et revient sur la chaîne du Pfannenstiel, endommageant quelques communes. Le tir avait commencé quelques minutes trop tard; on observa aussi qu'un vent très violent enleva au tir une forte partie de son efficacité; à Meilen, toutefois, le sentiment général était que l'on venait d'échapper à un très grand danger.

Les orages des 14 et 28 juillet 1901, ainsi que l'orage de nuit du 15 juillet 1902, ont permis de constater, entre deux zones grêlées, l'existence d'une zone indemne, celle où eut lieu le tir contre la grêle.

L'orage du 10 septembre 1902 paraît avoir été également l'occasion de résultats concluants.

A vrai dire, l'année 1901 fut assez inoffensive au point de vue de la grêle; 1902 se prêta mieux aux expériences. Il ne peut être question encore de résultats tangibles, positifs et susceptibles de conclusions; un insuccès flagrant a dû être enregistré le 8 août 1902; il est impossible de conclure encore de façon certaine, pas plus dans le sens de l'efficacité que dans celui de l'inefficacité.

Au bord du lac, la population est intimement convaincue que le tir s'est montré efficace en plusieurs circonstances.

Les frais du tir se sont élevés, la première année, à 4 837,50 *f* et la seconde année à 7 569,65 *f*, ce qui représente 1,62 *f* par hectare protégé ou, en chiffres ronds, 100 *f* par station. Ces frais avaient été devisés à 180 *f* par station et sont, par conséquent, restés bien au-dessous de l'estimation première. On voit également que la totalité des frais s'étant élevée pour les deux années à 20 059 *f* pour 19 959 coups de canon, chacun est revenu presque exactement à 1 *f*. Nous ne discute-

rons pas ces chiffres, n'ayant aucune donnée sur la manière dont les dépenses ont été établies; nous nous bornerons à indiquer que, la poudre étant, en Suisse, vendue à un prix très bas, il ne faudrait pas se servir, sans réserves, de ces chiffres pour d'autres pays.

Nous ajouterons ce détail que, d'après les journaux thurgoviens, une usine d'engins pyrotechniques, à Emmishofen, fabrique des fusées contre la grêle, destinées à faire une sérieuse concurrence aux canons grêlifuges. Elles éclatent très haut dans les airs en produisant une forte détonation et elles ne coûtent que 2,50 *f*, tandis que le prix de canons contre la grêle varie de 130 à 200 *f* sans les munitions.

Calcul de la résistance des matériaux dans le mouvement de rotation.. — Notre distingué Collègue, M. Félix Brabant, a publié, dans les *Mémoires de l'Union des Ingénieurs de Louvain*, une note dans laquelle il expose le résultat de ses recherches sur le calcul de la résistance des matériaux dans le mouvement de rotation.

M. Brabant signale l'importance de l'application du calcul des résistances des pièces dans certains cas où les conséquences de la rupture partielle ou totale d'un appareil peuvent prendre les proportions d'une véritable catastrophe ; par exemple, dans le cas de l'exploitation de mines à grisou. Si un coup de grisou vient à se produire, on se trouve immédiatement dans la nécessité de faire passer dans la mine le plus grand volume possible d'air pris à l'extérieur; il faut donc forcer la marche du ventilateur en augmentant sa vitesse. On suppose *a priori* que les moteurs et chaudières ont été calculés pour fournir une forte marge de travail supplémentaire, mais ce qu'on ignore le plus souvent c'est le nombre de tours auquel on pourra pousser la marche du ventilateur sans que les efforts centrifuges amènent à une rupture et, par suite, au résultat le plus désastreux possible pour les ouvriers présents dans la mine, sans compter d'autres peut-être.

Dans cette incertitude, et pour ne pas s'exposer à un accident, on peut être tenté, par une prudence excessive, à modérer la marche du ventilateur et à compromettre le salut du personnel. Il est à désirer que l'obscurité qui règne sur ces questions disparaisse. M. Brabant fait observer, d'ailleurs, qu'en dehors des ventilateurs, il y a une foule d'appareils animés d'une grande vitesse de rotation pour lesquels il est à souhaiter de voir calculer les dimensions avec une approximation suffisante, ce sont : les essoreuses, les meules, les outils à raboter le bois, les dynamos, les pompes centrifuges, etc.

Nous nous contenterons de signaler l'importance de la question et nous renverrons à la Note de M. Brabant pour les considérations par lesquelles il arrive à l'établissement de ses formules fondamentales et des formules d'application qui s'en déduisent pour les divers cas qui se présentent dans la pratique.

Nous croyons devoir rappeler, cependant, qu'à la suite de recherches sur les ventilateurs, notre Collègue a établi, il y a quelques années, des formules qui donnent les pressions et dépressions obtenues par les ventilateurs de divers systèmes avec une exactitude que M. Brabant définit comme suit : « C'est donc moins de 1 0/0 d'écart entre la théorie et la

pratique, ce qui constitue, en langage d'Ingénieur praticien, un accord parfait. Nous ne connaissons pas de formule de la mécanique appliquée donnant une approximation aussi remarquable, obtenue par des expériences aussi nombreuses faites par divers Ingénieurs sur des appareils différents. »

Lampe électrique à vapeur de mercure. — M. Peter Copper Hewitt a présenté une lampe électrique d'une disposition fort originale qui peut être mise en action par un courant ordinaire continu d'éclairage et donne deux à trois bougies par watt, c'est-à-dire un rendement neuf fois plus élevé que les lampes électriques à incandescence. Son seul inconvénient, paraît-il, serait la teinte extraordinaire de la lumière. Celle-ci manque absolument de rayons rouges et les couleurs vues à la lumière ordinaire sont complètement changées. Autrement, la lumière obtenue présente des avantages sérieux ; elle donne, par exemple, un excellent éclairage de travail.

La lampe consiste en un tube de 25 *mm* de diamètre et d'environ 0,90 *m* de longueur, rendu complètement lumineux dans toute son étendue. Il n'y a pas de partie incandescente comme dans les lampes à filament et on peut, sans aucun sentiment pénible, fixer une source donnant un éclairage de 700 bougies. De plus, la partie lumineuse ayant un volume relativement considérable, il ne se produit pas d'ombres vives, ce qui a une grande importance pour l'éclairage des magasins et des ateliers. Cette lumière possède des propriétés actiniques considérables et peut servir à la photographie et à la reproduction des dessins. L'impression est obtenue à peu près dans le même temps qu'au jour.

La lampe se compose donc d'un tube de verre présentant une ampoule à une de ses extrémités et dans lequel on a fait le vide. Cette ampoule contient une petite quantité de mercure dans lequel plonge un électrode en platine qui traverse le verre et se relie au pôle négatif d'un circuit. A l'autre extrémité du tube est fixé un second fil de platine relié au pôle positif du circuit et se terminant à l'intérieur du tube de verre par une pièce de fer qui forme l'électrode positif. L'ampoule dont nous avons parlé est recouverte, à l'extérieur, d'une couche de matière conductrice mise en communication avec le pôle positif du circuit. Cette couche et le mercure de l'ampoule constituent un petit condensateur qui sert à la mise en marche de l'appareil. Une fois que cette mise en marche est obtenue, une différence de potentiel de 85 volts entre les électrodes est suffisante pour l'éclairage.

Le tube se remplit dans toute son étendue de vapeur de mercure à une température très élevée, comprise entre 2000 et 3000° C. Cette vapeur se condense d'une manière continue sur les parois du tube en gouttelettes qui tombent peu à peu à la partie inférieure dans l'ampoule où elles se vaporisent de nouveau. Mais la quantité de vapeur existant est excessivement faible, de sorte que le tube ne s'échauffe pas et les gouttelettes de mercure condensé sont trop fines pour gêner la transmission de la lumière.

Il faut à la mise en marche un potentiel plus élevé que pendant

l'éclairage normal. Ce potentiel est obtenu au moyen d'un commutateur à double action dont l'une ouvre ou ferme le circuit principal qui passe dans la lampe, tandis que l'autre met dans le circuit ou en retire une bobine d'induction disposée en parallèle avec la lampe. Au départ, la lampe est mise dans le circuit, mais, à cause de sa résistance élevée, le courant ne passe pas ; on manœuvre alors le second commutateur qui, faisant passer le circuit dans la bobine d'induction et le supprimant ensuite, produit une étincelle dans la lampe ; cette étincelle surmonte la résistance et le courant peut traverser celle-ci avec une tension de 85 volts seulement.

L'effet de la bobine d'induction est renforcé par l'action du condensateur formé par le mercure, d'un côté, et, de l'autre, la couche de matière conductrice qui recouvre l'extérieur de l'ampoule.

La puissance des lampes peut aller de 16 à 10 000 bougies ; les premières ont un tube de 3 *mm* de diamètre sur 75 de longueur, et les dernières un de 75 de diamètre sur 3,60 *m* de longueur. On peut faire varier le voltage dans des limites assez larges, parce que la résistance de la colonne de vapeur de mercure varie en raison directe de la longueur et en raison inverse du diamètre ; ce dernier point est singulier et tient peut être à ce que la colonne de vapeur est creuse.

La lampe ne peut employer qu'un courant continu, et la Compagnie Westinghouse, qui exploite le système Coopér Hewitt, emploie un transformateur spécial pour convertir les courants alternatifs en continus ; cet appareil porte le nom de « Static Converter » de Hewitt. Il se compose d'un tube de verre contenant seulement des vapeurs de mercure ; il y a un électrode positif pour chaque phase de courant alternatif et seulement un électrode négatif. Comme le courant ne peut passer que dans un sens, on obtient un courant continu. Ces redresseurs de courant peuvent être faits pour tous les voltages entre 100 et 1 000 volts et pour toutes les capacités jusqu'à 100 ampères. Le rendement est très élevé, car la perte ne consiste qu'en une chute de tension qui est constante, 14 volts ; il en résulte que pour 100 volts, le rendement est de 86 0/0 et, pour 1 000 volts, de 98,6 0/0. Le prix est peu élevé et l'appareil ne demande pas plus de soins qu'un transformateur ordinaire. Les renseignements qui précèdent sont donnés par l'*Engineering*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

DÉCEMBRE 1902.

Rapport de M. LINDET sur **deux procédés destinés à modifier la pratique de la panification** et à améliorer la qualité du pain, par M. POINTE.

Le premier de ces procédés est relatif à l'hydratation progressive des marchandises soumises à la panification : il consiste à soumettre à une hydratation préalable les farines gruauteuses du blé dur et même les semoules de blé dur et de blé tendre, et cela pendant un temps d'autant plus prolongé que les produits sont d'une pénétration plus difficile.

La théorie de cette opération est la suivante : l'amidon contenu dans le pain se dissoudra dans l'estomac d'autant plus facilement et complètement qu'il sera plus distendu et plus muqueux. Or l'amidon ne s'hydrate qu'au moment où le pain est dans le four, soumis à une température supérieure à 70° C. ; il a donc besoin d'avoir à son contact une réserve d'eau et cette réserve c'est le gluten qui va la constituer. Le gluten absorbe plus de deux fois son poids d'eau, mais il l'absorbe lentement et, surtout avec le blé dur, il faut un certain temps pour que l'eau pénètre la semoule et que le gluten prenne une quantité d'eau maxima. De là la nécessité de l'hydratation préalable.

Avec ce procédé, le rendement en pain est supérieur; il ne faut pas attacher trop d'importance à cette augmentation de rendement qui est dû à l'accroissement de la proportion d'eau, mais il n'en est pas moins vrai que cette augmentation se traduit par une amélioration dans la qualité du pain.

Le second procédé consiste à obtenir une meilleure hydratation et, par suite, un meilleur rendement, en ne faisant intervenir dans la fabrication des levains que les farines de blé tendre, les moins riches en gluten. Des expériences citées dans le rapport ont fait voir qu'en effet l'emploi de farines de blé tendre pour les levains amenait une augmentation de rendement en pain d'environ 3 0/0.

Généralisations à propos de **quelques observations nouvelles faites pendant le travail de l'acier à froid**, par M. D.-C. TSCHERNOFF (Communication présentée le 10 mars 1884 *à la Société impériale technique russe*).

Cette communication, de date déjà ancienne, a un intérêt d'actualité. L'auteur rappelle des observations faites par lui-même sept ou huit ans

avant sur des essais de tôles d'acier pour construction de navires. A l'essai à la traction des éprouvettes, au delà de la limite d'élasticité les allongements permanents se manifestaient par l'écaillement de la croûte d'oxyde recouvrant la surface du métal et l'apparition de groupes de lignes inclinées sur l'axe de l'éprouvette, lignes très nettes et assez régulièrement espacées. Pour diverses raisons, l'auteur ne put continuer à s'occuper de ces essais et abandonna cette question. Depuis, il a eu connaissance de recherches analogues et notamment des travaux de notre Collègue M. Léger, sur des plaques de verre. Il pense que l'acier doux fondu jouit de la propriété précieuse d'enregistrer le dessin des ondes sur la surface polie, si les efforts dépassent sa limite élastique. Cette question présente un grand intérêt pour diverses applications, et notamment pour des recherches sur l'action des frettes sur les tubes de canons.

Léonard de Vinci, peintre, ingénieur hydraulicien, par M. A. Ronna *(suite)*.

Cette partie examine les travaux de Léonard de Vinci sur les canaux et écluses et donne un grand nombre de dessins originaux, dessins dont quelques-uns constituent de véritables documents d'une grande importance pour l'histoire, depuis si longtemps controversée, de l'invention des écluses à sas. D'autres dessins représentent des appareils d'épuisement, des appareils de levage, des installations de chantiers, etc., des pompes et machines élévatoires, et enfin des moulins et autres machines hydrauliques, le tout présentant un très grand intérêt. Léonard de Vinci termine son traité par cette observation remarquable : « La théorie représente le général qui commande aux troupes, la pratique les soldats qui obéissent. L'expérience est l'interprète des secrets de la nature ; elle ne se trompe jamais. C'est notre jugement qui se trompe parfois en annonçant des effets que dément l'expérience. »

La convention du mètre et le bureau international des poids et mesures, par M. Ch.-Ed. Guillaume *(suite)*.

Cette partie traite de la détermination de la masse du décimètre cube d'eau opérée par diverses méthodes, de la construction des étalons prototypes de l'ohm légal et de recherches sur la résistivité du mercure, et de ses variations avec la température.

Notes de mécanique. — On trouve dans ces notes une étude sur le pluviomètre Bryan, la description de la machine soufflante Raven, du compresseur Schuchtermann et Kremer, des presses hydrauliques Otto Philipp, d'un dispositif pour l'étude des pompes centrifuges, par M. J.-A. Schmidt et une note sur les machines à vapeur combinées, d'après M. Thurston.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

JANVIER 1903.

DISTRICT DU SUD-EST.

Réunion du 16 mars 1902.

Communication de M. LECAMUS sur **l'installation électrique des mines de Portes.**

L'épuisement des mines de Portes était opéré jusqu'ici par des pompes Tangye sans condensation placées au fond et recevant la vapeur de chaudières placées au jour à une distance de 500 *m*. On les a remplacées par l'installation électrique décrite.

Dans celle-ci, une machine de 150 *ch*, placée à la surface et fonctionnant à condensation et avec distribution Collmann, actionne un alternateur volant du type Siemens et Halske produisant un courant triphasé à la tension de 1 000 volts, et à fréquence de 46,7 périodes. Ce courant actionne au fond un moteur triphasé que commande une pompe à trois plongeurs à simple effet débitant par heure 110 m^3 refoulés à 200 *m*.

Le rendement calculé par la comparaison du travail en eau montée avec la puissance indiquée développée sur le piston de la machine à vapeur est de 0,63. Le prix du kilowatt-heure produit à la station ressort à 55 *f* par 10 heures pour 750 kilowatts, ce qui donne 0,073 *f* par kilowatt-heure.

On emploie également une pompe centrifuge, système Rateau, qui élève 80 m^3 à l'heure à 120 *m* de hauteur, aspiration et perte de charges comprises. Cette pompe se compose de sept roues successives montées sur le même arbre et réunies en série de sorte que le même courant d'eau les traverse toutes.

Une comparaison des résultats obtenus fait voir que le rendement de la pompe centrifuge est de 20 0/0 environ inférieur à celui de la pompe à trois plongeurs, mais cette infériorité est compensée dans une certaine mesure par l'entretien et les réparations peu élevées, le graissage et la surveillance nulles et le faible espace occupé par la pompe centrifuge.

Communication de M. LEPRINCE-RINGUET sur **la présence de l'acide carbonique dans la houille.**

La présence de l'acide carbonique dans la houille, dans des proportions variables suivant les mines, a été mise hors de doute par des recherches diverses et notamment par celles qui ont été faites à la suite de la catastrophe survenue, le 8 mars 1900, au puits de l'Arboussel, des mines de Trelyse. Cet acide carbonique a des origines multiples. Il provient de causes extérieures, telles que respiration des êtres animés, combustion des lampes, des explosifs, combustion lente de la houille, et d'une cause naturelle : le dégagement d'acide carbonique contenu dans la houille.

L'auteur examine la part qui peut être attribuée à chacune de ces causes et constate que les premières, soit les causes extérieures, sont négligeables ou peu importantes et que c'est au gaz contenu dans la houille que les teneurs en acide carbonique observées doivent être attribuées. Il a cherché à évaluer, d'après les proportions d'acide carbonique trouvées dans les retours d'air, le volume de gaz contenu dans 1 *t* de houille. Les chiffres obtenus sont extrêmement variables; on trouve des chiffres allant de 0 à 40 m^3 et au-dessus.

District de Paris.

Réunion du 6 novembre 1902.

Communication de M. Babu sur **l'industrie métallurgique à l'Exposition de Dusseldorf.**

Le résumé qui est donné dans le Bulletin est extrêmement court et se borne à des généralités sur l'importance de cette exposition.

Communication de M. P. Regnault sur **les gîtes de Molybdène des Vosges méridionales.**

Après quelques indications sur les usages, la production et le prix du molybdène qui s'obtient jusqu'ici de minerais provenant de l'Arizona et du Nouveau-Mexique, l'auteur décrit les gites de molybdénite des Vosges; le massif de syénite qui forme le ballon de Servance et le ballon d'Alsace est parcouru par des filons métallifères dans quelques-uns desquels on trouve ce minerai. On se propose de l'exploiter aux mines de Château-Lambert et du Thillot où des travaux de recherche sont activement poussés.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 1. — *3 janvier 1903.*

La turbine à vapeur et la question des moteurs thermiques, par A. Stodola, de Zürich.

Distributions à double tiroir pour machines à vapeur, par B. Stein.

Exposition de Dusseldorf. — Les appareils de levage, par Ad. Ernst *(suite)*.

Deux expériences pour expliquer l'explosion d'un récipient cylindrique par l'affaiblissement produit par le trou d'homme, par C. Bach.

Groupe de la Ruhr. — Développement de l'emploi des mats métalliques.

Bibliographie. — Manuel de construction navale de Johow.

Revue. — Fonderie d'acier de la American Steel Casting C°. — Mesure des températures de l'eau d'une chaudière pendant la mise en pression. — Emploi de la presse hydraulique dans la tréfilerie.

N° 2. — *10 janvier 1903.*

Exposition universelle de Saint-Louis en 1903, par P. Möller.

La turbine à vapeur et la question des moteurs thermiques, par A. Stodola *(suite)*.

Tarage des ressorts d'indicateurs, par H. F. Wiebe et R. Schwirkus.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Expériences comparatives sur l'emploi de la benzine et de l'alcool dans les moteurs.

Bibliographie. — Manuel de l'Ingénieur par la Société « Hütte ».

Revue. — Décisions judiciaires relatives à la surveillance des chaudières à vapeur. — Installations électriques de force établies par la fabrique de Oerlikon. — Les écoles supérieures en Prusse. — Ingénieurs allemands en Amérique.

N° 3. — *17 janvier 1903.*

Transport électrique de force de Saint-Maurice à Lausanne.

Expériences sur les moteurs à combustion intérieure, par E. Schimanck.

Exposition de Dusselforf. — Le matériel de chemins de fer, par M. Buhle *(suite)*.

Construction des courbes au point de vue de la statique graphique, par L. Viavello.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Attraction magnétique entre les rails et les roues des voitures automobiles. — Cheminées d'usines.

Groupe de Westphalie. — La fumée et la suie dans les grandes villes. — Moyens de sécurité et signaux dans la navigation. — Le coke et sa fabrication.

Bibliographie. — Éléments de la construction électro-mécanique, par G. Klingenberg.

Revue. — Henri-Daniel Rühmkorff (1). — Le navire pour pose de câbles *Stephan*. — Médaille de John Fritz. — Machines à vapeur pour la production de l'électricité en Prusse. — Appareil pour tracer les déformations des carneaux ou foyers de chaudières.

N° 4. — *24 janvier 1903.*

Installations de force et de lumière aux ateliers de la Société Vulcan, par A. Böttcher.

Nouveaux progrès dans les locomotives, par von Borries *(fin)*.

Exposition de Dusseldorf. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

(1) Il s'agit du centenaire de la naissance du célèbre constructeur d'appareils électriques, né à Hanovre en 1803 et mort à Paris en 1877.

La turbine à vapeur et la question des moteurs thermiques, par A. Stodola *(suite)*.

Pour et contre la locomotive à vapeur surchauffée, par Teuscher.

L'analyse chimique comme moyen d'appréciation des marchandises, par C. Bach.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Stabilité des cheminées. — Développement de la télégraphie sans fil.

Groupe de Dresde. — Service par automobiles sur le Bielathal.

Groupe de la Thuringe moyenne. — Expériences avec une machine à vapeurs combinées.

Bibliographie. — Bases de la théorie et de la construction des moteurs thermiques, par A. Musil.

Revue. — Exposition universelle de Saint-Louis en 1900. — Turbines à vapeur Brown-Boveri-Parsons. — Les écoles techniques supérieures de l'Empire allemand, pendant le semestre d'hiver 1902-1903.

Poir la Chronique et les Comptes Rendus :

A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

IIIe SECTION

Recherches sur les aciers nickel à haute teneur par M. L. DUMAS (1)

M. L. Dumas vient de publier sur les aciers nickel à haute teneur, une étude très documentée, qui apporte de nombreux résultats pratiques ainsi que des visées théoriques particulièrement intéressantes, et tous les métallurgistes sauront gré à l'Auteur de mettre ainsi libéralement à leur disposition les résultats des savantes recherches qu'il poursuit depuis bientôt dix années dans l'usine d'Imphy avec le concours de la Société de Commentry Fourchambault.

Cette étude qui orientera désormais les recherches des spécialistes dans un domaine nouveau ainsi ouvert à la métallurgie, fournit en même temps une nouvelle confirmation des savantes théories de M. Osmond sur l'allotropie du fer, elle montre ainsi une fois de plus l'intérêt effectif qui s'attache à des conceptions purement théoriques en apparence, lorsque la pratique peut y puiser des inductions, des prévisions que les faits viennent ensuite justifier, comme c'est le cas pour la théorie allotropique.

Les nombreuses expériences relatées dans l'ouvrage de M. Dumas sont exposées dans une série de tableaux qui exigeraient nécessairement une étude détaillée, et nous ne saurions donc les résumer ici, mais nous croyons utile d'exposer de préférence les lois générales qui s'en dégagent pensant qu'elles présenteront un certain intérêt pour les métallurgistes qui ne sont pas encore complètement familiarisés avec les nouvelles théories.

M. L. Dumas observe tout d'abord que l'étude d'une serie d'aciers à teneur en nickel croissantes conduit immédiatement à les classer en deux groupes nettement distincts suivant que cette teneur est inférieure ou supérieure à 25 0/0, et il montre ensuite comment les résultats obtenus par lui au cours de ses recherches permettent d'expliquer cette divergence fondamentale en partant de la théorie allotropique.

Lorsque la teneur est inférieure à 25 0/0, le métal est dur et fragile, surtout sous l'action de la trempe, la limite d'élasticité est élevée, voisine de la charge de rupture, l'allongement est relativement faible, tandis qu'aux teneurs supérieures, il n'en est plus de même, le métal s'adoucit à la trempe, il n'a plus qu'une limite d'élasticité réduite très éloignée de la charge de rupture, mais l'allongement devient au contraire très considérable.

C'est ainsi par exemple qu'un acier à 22,6 0/0 de nickel donnera les

(1) in-8°, 250 × 160 de 208 pages avec 13 fig. Paris Vve Ch. Dunod 1902. Prix broché 6 fr.

caractéristiques suivantes dans l'essai à la traction E = 77,7 *kg*. R = 112,3 A = 10.3 0/0 tandis qu'un acier tenant 25.5 0/0 donnera E = 54,4 *kg*. R = 102,4 A = 16.4 0/0.

Une variation très faible dans la teneur en nickel a donc suffi pour abaisser de 30 0/0 la limite élastique et augmenter l'allongement de 60 0/0.

Cette différence si marquée dans les propriétés mécaniques s'accompagne d'une différence non moins caractérisée dans certaines propriétés physiques comme la dilatation, la densité et notamment dans le magnétisme.

A la température ordinaire, l'acier à teneur faible, de nature plus dure, est magnétique, l'acier à teneur élevée, de nature plus douce, ne l'est pas. L'expérience montre qu'il y a toujours corrélation constante entre ces deux groupes de propriétés, physiques ou mécaniques, si bien que l'observation de l'état magnétique peut servir à elle seule à déterminer la nature du métal étudié et le groupe des propriétés qui les caractérisent.

La modification radicale que révèle la présence ou la disparition du magnétisme n'est pas spéciale aux aciers nickel, elle se retrouve déjà, comme on sait, dans les aciers simplement carburés, et elle a trouvé son explication dans la théorie allotropique qui considère le fer comme un métal polymorphe susceptible de prendre à des températures déterminées des états moléculaires différents, caractérisés eux-mêmes par des modifications profondes dans les propriétés mécaniques et physiques.

Ces états moléculaires distincts sont au nombre de 3 au moins, l'état dit α qui est le fer dur, magnétique à la température ordinaire, il se maintient à l'échauffement jusqu'à celle de 740 degrés au point dénommé a_2 auquel se produit la première transformation allotropique, le métal passe alors à l'état transitoire β en perdant en partie ses propriétés, et il s'y maintient jusqu'à la température de 850 degrés au point dénommé a_3 où il arrive à l'état γ qui est celui du métal doux non magnétique.

Pratiquement la distinction des états allotropiques s'établit surtout entre l'état α et l'état γ qui sont nettement opposés, car le fer ne se rencontre jamais qu'en partie à l'état β.

Cette distinction des états α et γ, qui domine aujourd'hui toute l'étude des aciers carburés, se retrouve également sur le fer contenu dans les aciers de diverses compositions renfermant des corps étrangers à l'état de dissolution ; la théorie admet en effet que ces corps agissent comme des modificateurs du fer lui-même permettant de maintenir ce métal essentiellement polymorphe à des états qui sont normalement instables à la température ordinaire.

Si nous revenons donc aux aciers nickel, nous pouvons admettre en principe que les alliages tenant une portion moindre de 25 0/0 renferment le fer à l'état magnétique α et ceux qui tiennent plus de 25 0/0 le renferment à l'état non magnétique γ que le métal ne serait pas susceptible autrement de conserver à la température ordinaire, si la présence du nickel n'empêchait pas la transformation inverse de γ en α.

Cette action du nickel, comme celle de la plupart des corps étrangers

en général, s'exerce surtout au refroidissement, elle provoque alors en effet un abaissement de la température de transformation beaucoup plus prononcée qu'au chauffage ; la différence observée entre les deux températures ainsi déterminées est la manifestation de cette propriété qu'on appelle l'hystérésis et qui agit en créant une sorte de résistance à la transformation imminente qu'elle retarde.

Ce premier aperçu se justifie facilement tant qu'on opère sur des aciers de teneur inférieure à 25 0/0, il suffit d'admettre, comme l'expérience le montre du reste immédiatement, que la présence du nickel influe sur la température de transformation, et tend à l'abaisser à mesure que la teneur augmente.

On constate en effet en examinant les courbes relevées par M. Dumas que la température de transformation au chauffage qui atteint 850 degrés pour le fer tenant 0 de nickel, s'abaisse graduellement à 500 degrés environ pour une teneur voisine de 25 0/0, et la température de transformation au refroidissement, partant de 810 degrés, s'abaisse graduellement à 0 pour la même teneur. L'écart entre les deux températures, dû à l'influence de l'hystérésis s'augmente rapidement à mesure que la teneur en nickel augmente jusqu'à 25 0/0. Ces transformations qui s'opèrent à des températures différentes au chauffage et au refroidissement sont dites *irréversibles*.

Pour les teneurs supérieures à 25 0/0, les choses paraissent complètement changer d'aspect ; l'acier riche en nickel subit bien une certaine transformation à une température déterminée lorsqu'on le soumet à l'échauffement, mais cette transformation ne semble plus être fondamentale comme dans le cas des aciers à faible teneur ; d'autre part, la modification inverse se produit presque exactement à la même température au refroidissement, le phénomène est dit *réversible* par opposition au phénomène irréversible qui se constate aux teneurs faibles en nickel.

Ces diverses observations avaient déjà été faites par les expérimentateurs éminents qui se sont attachés à cette question de l'acier nickel, comme MM. Hopkinson, H. Le Chatelier, Osmond, Guillaume, etc..., mais elles n'étaient pas suffisamment reliées entre elles pour qu'il fût possible encore d'en donner une explication générale. M. Dumas s'est donc attaché à ce travail, et il a su le mener à bonne fin.

Il a montré que ces transformations, réversible et irréversible, constituent en réalité deux phénomènes distincts qui ne sont ni l'un ni l'autre spéciaux aux teneurs inférieures ou supérieures à cette limite de 25 0/0, mais ils sont au contraire susceptibles de se retrouver tous deux dans toute l'étendue de l'échelle des teneurs si l'on opère à des températures convenables.

La transformation irréversible est celle qui affecte le fer, la transformation réversible affecte au contraire le nickel.

Ce métal parait susceptible en effet de présenter deux états allotropiques analogues à ceux du fer, magnétique et non magnétique, dur et doux. mais ces transformations sont beaucoup moins marquées que celles du fer, et, en outre, elles se produisent sans retard au refroidissement, sans hystérésis.

Cette température de transformation du nickel est affectée, elle aussi,

par la proportion de ce métal dans l'alliage, elle atteint 390 degrés pour le nickel pur à la teneur 100, puis elle va en augmentant à mesure que la teneur en nickel s'abaisse jusqu'à la limite de 70 0/0, elle atteint alors 600 degrés environ, mais à partir de ce point, elle prend la même allure que la courbe de transformation irréversible, elles vont toutes deux en s'abaissant à mesure que la proportion du métal affecté va elle-même en diminuant, et elles se rencontrent ainsi à la température ordinaire pour la teneur correspondant à 25 0/0 de nickel et 75 0/0 de fer.

M. Dumas a donc montré que ces courbes se poursuivent avec la même allure au-dessous de 0 degré : elle se croisent, par conséquent, pour franchir la limite correspondant à la teneur de 25 0/0, et, en opérant à des températures suffisamment basses, comme l'a fait M. Dumas, on peut constater la transformation réversible due au nickel sur des aciers de moins de 25 0/0, en même temps que les transformations irréversibles dues au fer sur des aciers tenant plus de nickel.

On comprend dès lors la raison de cette opposition apparente des phénomènes constatés de part et d'autre de cette limite, comme nous le disions plus haut, lorsqu'on s'en tient à l'observation des températures supérieures à 15 degrés. Si en effet les aciers pauvres en nickel nous apparaissent à la température ordinaire comme étant durs et magnétiques, c'est que, au cours du refroidissement, le métal, venant d'une température plus haute, a subi la transformation qui a ramené le fer à l'état α, et, si, pour les alliages riches en nickel, nous trouvons un métal doux et non magnétique, c'est que nous sommes à une température supérieure à celle où la transformation allotropique du fer peut alors s'opérer, nous avons devant nous le fer γ et non plus le fer α.

A chaque teneur de l'alliage correspondent deux températures de transformations allotropiques du fer, l'une plus haute au chauffage, l'autre plus basse au refroidissement. Entre ces deux températures, il est possible d'obtenir par suite le métal sous ses deux types différents, magnétique et non magnétique, avec tout l'écart qui en résulte dans les propriétés mécaniques correspondantes.

Pour les teneurs de 25 0/0, ces deux températures limites encadrent généralement la température ordinaire, et il devient particulièrement facile d'étudier dans ce cas les variations de propriétés déterminées par ces modifications allotropiques.

On constate alors d'autant mieux que ce retard de transformation, cette hystérèse qui constitue l'irréversibilité, tient à un état essentiellement instable du fer γ qui, sous l'action d'un traitement physique approprié comme la trempe, l'écrouissage et même le recuit, peut revenir à l'état α en modifiant par là même les propriétés mécaniques correspondantes.

Telle nous apparaît une dissolution sursaturée qui, elle aussi, est en équilibre instable et peut donner immédiatement un précipité cristallisé sous une action insignifiante en apparence.

M. Dumas a élucidé cette question en recourant notamment à l'emploi des températures extrêmement basses et il est arrivé ainsi jusqu'à 150 degrés.

D'autre part, il a opéré non seulement sur les alliages simples d'acier et nickel, mais en même temps sur des alliages plus complexes tenant en même temps d'autres éléments, comme le carbone, le manganèse ou le chrome.

Il a mis en évidence l'influence de chacun d'eux par de nombreuses constatations, et il a montré par exemple que le carbone associé au chrome abaisse le point de transformation irréversible au refroidissement d'une façon beaucoup plus marquée que ne le fait le manganèse, lui-même plus actif que le nickel.

Nous n'insisterons pas davantage sur l'analyse de l'ouvrage de M. Dumas, voulant surtout faire ressortir ici les lois générales qui se dégagent de ses recherches.

Les métallurgistes n'hésiteront certainement pas à en faire une étude plus complète, car ils y trouveront des aperçus particulièrement intéressants sur le rôle que ces nouveaux alliages pourront jouer dans l'industrie, sur les précautions et les soins dont leur fabrication devra être entourée, et ils reconnaîtront ainsi une fois de plus l'influence profonde que peuvent exercer dans la pratique des études théoriques aussi abstraites que celles qui concernent la structure moléculaire des corps.

L. Baclé.

ERRATUM

Au Bulletin de Décembre 1902, page 855, ligne 18, lire *de sodium*, au lieu *de taryum*.

LISTE

DES

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ DES

INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

AU

1er JANVIER

1903

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
EN FRANÇAIS	
Académie des Sciences (Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l')	52
Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Clermont-Ferrand (Mémoires de l')	1
Aéronaute (L')	12
Aérophile (L')	12
Agendas Aide-Mémoire des Arts et Métiers et des Arts et Manufactures	1
Album de Statistique Graphique relatif aux Chemins de Fer, Routes Nationales, Navigation, etc., de la France	1
Almanach Hachette	1
Analyse des Eaux prélevées par le Laboratoire Municipal	52
Annales de la Construction (Nouvelles)	12
Annales des Chemins Vicinaux	12
Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines	24
Annales des Mines	12
Annales des Mines de Belgique (Bruxelles)	4
Annales des Ponts et Chaussées. Partie Administrative	12
Annales des Ponts et Chaussées. Partie Technique	4
Annales des Travaux Publics de Belgique	6
Annales du Commerce Extérieur	12
Annales du Ministère de l'Agriculture	6
Année Industrielle (L')	1
Année Scientifique et Industrielle (L')	1
Annuaire-Almanach du Commerce, de l'Industrie, etc. (Didot-Bottin)	1
Annuaire-Chaix. Les Principales Sociétés par Actions	1
Annuaire d'Adresses des Fonctionnaires du Ministère des Travaux Publics	1
Annuaire de l'Administration des Postes et des Télégraphes de France	1
Annuaire de la Librairie Française	1
Annuaire de la Presse Française et du Monde Politique	1
Annuaire des Journaux	1
Annuaire des Longitudes	1
Annuaire du Bâtiment (Sageret)	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Annuaire et Aide-Mémoire des Mines, de la Métallurgie, de la Construction Mécanique et de l'Électricité	1
Annuaire Général des Industries : Gaz, Eaux, Électricité (Guide-)	1
Annuaire Général des Sociétés Françaises par Actions (Cotées et non Cotées) et des Principales Sociétés Étrangères	1
Annuaire Marchal des Chemins de Fer et des Tramways	1
Annuaire Statistique de la France	1
Annuaire Statistique de la Ville de Paris	1
Architecture (L'), Journal hebdomadaire de la Société Centrale des Architectes Français	52
Association Alsacienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Section Française)	1
Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale (Bulletin de l')	12
Association Amicale des Élèves de l'École Nationale Supérieure des Mines (Bulletin de l')	12
Associations de Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Compte Rendu des Séances des Congrès des Ingénieurs en Chef des)	1
Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie de France et des Colonies (Bulletin de l')	12
Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail (Bulletin de l')	1
Association des Ingénieurs-Conseils en Matière de Propriété Industrielle (Bulletin de l')	4
Association des Ingénieurs de l'Institut Industriel du Nord	4
Association des Ingénieurs Électriciens sortis de l'Institut Électro-Technique Montefiore (Bulletin de l')	12
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Annuaire de l')	5
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Bulletin de l')	4
Association des Ingénieurs sortis de l'Université de Bruxelles. École Polytechnique. Liste des Membres	1
Association des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Gand (Annales de l')	4
Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise	1
Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur du Nord de la France	1
Association Française pour l'Avancement des Sciences. Bulletin de l'Afas	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Association Française pour l'Avancement des Sciences. Comptes Rendus des Sessions	1
Association Française pour la Protection de la Propriété Industrielle (Bulletin de l')	1
Association Internationale des Méthodes d'Essai de Matériaux de Construction (Paris)	12
Association Internationale pour l'Essai des Matériaux. Statuts et État nominatif des Membres	1
Association Internationale pour la Protection de la Propriété Industrielle (Annuaire de l')	1
Association Lyonnaise des Propriétaires d'Appareils à Vapeur	1
Association Normande pour prévenir les Accidents du Travail (Bulletin de l')	1
Association Parisienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur. Bulletin Annuel	1
Association Polytechnique (Bulletin de l')	12
Association Technique Maritime (Bulletin de l')	1
Atlas des Voies Navigables de la France	1
Avenir de l'Automobile et du Cycle (L')	12
Avenir des Chemins de Fer (L')	52
Béton Armé (Le)	12
Bibliographie de la France. Journal Général de l'Imprimerie et de la Librairie	52
Bibliographie des Sciences et de l'Industrie	12
Bulletin des Constructeurs	52
Bulletin des Transports Internationaux par Chemins de Fer (Berne)	12
Bulletin Historique et Scientifique de l'Auvergne	12
Bulletin International de l'Électricité et Journal de l'Électricité réunis	24
Bulletin Technique de la Suisse Romande. Organe en Langue Française de la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes (Lausanne)	24
Bureau International des Poids et Mesures (Travaux et Mémoires du)	1
Chambres de Commerce (Le Journal des)	24
Chambre de Commerce de Dunkerque (Procès-verbaux des Séances de la)	12
Chambre de Commerce de Dunkerque (Statistique Mensuelle de la)	12
Chambre de Commerce de Paris (Bulletin de la)	52
Chambre de Commerce de Paris (Compte Rendu des Travaux de la)	1
Chambre de Commerce de Rouen (Compte Rendu des Travaux de la)	1
Chambre de Commerce Française d'Alexandrie (Bulletin de la)	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS PAR AN
Chambre de Commerce Française de Portugal (Bulletin de la)	12
Chambre de Commerce Française de Portugal. Compte Rendu Annuel	1
Chambre des Propriétaires (La). Bulletin de la Chambre Syndicale des Propriétés Immobilières de la Ville de Paris	24
Chauffeur (Le). 4e Série du Technologiste	24
Chemin de Fer du Nord. Rapport présenté par le Conseil d'Administration	1
Chemins de Fer, Postes, Télégraphes, Téléphones et Marine du Royaume de Belgique. Compte Rendu des Opérations	1
Chronique Industrielle	12
Ciment (Le)	12
Comité Central des Houillères de France (Annuaire du)	1
Comité de Conservation des Monuments de l'Art Arabe	1
Comité de l'Afrique Française (Bulletin du)	12
Comité des Forges de France (Annuaire du)	1
Comité des Forges de France (Bulletin du)	104
Commission Internationale du Congrès des Chemins de Fer (Bulletin de la)	12
Compagnie Générale des Omnibus de Paris. Rapport du Conseil d'Administration	1
Compagnie Générale des Voitures à Paris. Rapport du Conseil d'Administration.	1
Congrès International des Accidents du Travail (Bulletin du Comité Permanent du)	4
Congrès des Sociétés Savantes. Discours prononcés à la Séance du Congrès	1
Congrès des Sociétés Savantes. Programme du Congrès	1
Conseil d'Hygiène Publique et de Salubrité du Département de la Seine (Compte Rendu des Séances du)	26
Conseil Supérieur du Travail	1
Conservatoire des Arts et Métiers (Annales du)	4
Construction Moderne (La)	52
Cosmos (Le)	52
Direction de l'Hydraulique Agricole (Bulletin de la)	1
Écho des Mines et de la Métallurgie (L')	104
Éclairage Électrique (L'). Revue Hebdomadaire des Transformations Électriques, Mécaniques, Thermiques de l'Énergie	52
École Centrale des Arts et Manufactures. Portefeuille des Travaux de Vacances des Élèves	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
École Nationale des Ponts et Chaussées. Collection de Dessins distribués aux Élèves. Légendes Explicatives des Planches	1
École Nationale des Ponts et Chaussées (Voir : Annales des Ponts et Chaussées).	»
École Nationale Supérieure des Mines (Voir : Annales des Mines)	»
École Spéciale d'Architecture. Concours de Sortie.	1
École Spéciale d'Architecture. Séance d'Ouverture	1
École Spéciale de Travaux Publics (Voir : L'Ingénieur-Constructeur de Travaux Publics)	»
Économiste Français (L')	52
Électricien (L')	52
Electrochimie (L')	12
France Automobile (La)	52
Génie Civil (Le)	52
Houille Blanche (La)	12
Industrie Électrique (L')	24
Ingénieur-Constructeur de Travaux Publics (L') (Revue trimestrielle. Organe Officiel de l'Association Amicale des Élèves et anciens Élèves de l'École spéciale de Travaux Publics)	4
Inspection du Travail (Bulletin de l')	6
Institut des Actuaires Français (Bulletin de l')	4
Institut Égyptien (Bulletin de l')	8
Inventions Illustrées (Les)	52
Journal d'Agriculture Pratique	52
Journal de la Meunerie	12
Journal de l'Éclairage au Gaz	24
Journal de l'Électrolyse. L'Aluminium, l'Acétylène, l'Or et l'Argent	24
Journal des Chemins de Fer	52
Journal des Transports	52
Journal des Travaux Publics	104
Journal des Usines à Gaz	24
Journal du Pétrole et des Industries qui s'y rattachent	24
Journal Officiel	365
Journal Télégraphique (Berne)	12
Locomotion Automobile (La)	52
Marine Française (La)	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Matériaux de Construction (Les) (Stuttgart)	24
Mécanique. Électricité. Journal Technique Mensuel	12
Mémorial du Génie Maritime	2
Métallurgie et la Construction Mécanique (La)	52
Mois Scientifique et Industriel. Revue Internationale d'Informations	12
Moniteur de l'Industrie et de la Construction et Bulletin de la Classe d'Industrie et de Commerce de la Société des Arts de Genève	24
Moniteur de la Céramique, de la Verrerie, etc.	24
Moniteur de la Papeterie Française et de l'Industrie du Papier (Le)	24
Moniteur des Fils et Tissus	52
Moniteur des Intérêts Matériels	104
Moniteur Maritime	52
Moniteur Officiel du Commerce	52
Moniteur Scientifique du Docteur Quesneville	12
Mouvement Scientifique, Industriel, Économique, Financier (Le)	46
Musée Social (Annales)	12
Musée Social (Mémoires et Documents)	12
Nature (La)	52
Observatoire de Nice (Annales de l')	1
Observatoire Météorologique, Physique et Glaciaire du Mont-Blanc (Annales de l')	1
Office Colonial (Feuille de Renseignements de l')	12
Office du Travail (Bulletin de l')	12
Papier (Le)	12
Paris-Hachette. Annuaire Complet, Commercial, Administratif et Mondain.	1
Portefeuille Économique des Machines	24
Praticien Industriel (Le)	12
Publications Nouvelles de la Librairie Gauthier-Villars (Bulletin des)	1
Questions Diplomatiques et Coloniales. Revue de Politique Extérieure	24
Quinzaine Coloniale (La). Organe de l'Union Coloniale Française	24
Rapports Commerciaux des Agents Diplomatiques et Consulaires de France (Annexe au Moniteur Officiel du Commerce)	52
Rapports sur l'Application des Lois réglementant le Travail	1
Recueils Statistiques sur les Métaux suivants : Plomb, Cuivre, Zinc, Étain, Argent, Nickel, Aluminium et Mercure, établis par la Metallgesellschaft et la Metallurgische Gesellschaft A. G. (Francfort-sur-Mein)	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Réforme Économique (La)	46
Réforme Sociale (La)	24
Régence de Tunis. Bulletin de la Direction de l'Agriculture et du Commerce	4
Répertoire Bibliographique de la Librairie Française	12
Répertoire du Journal Officiel de la République Française	12
Répertoire général de Chimie Pure et Appliquée	24
Revue d'Artillerie	12
Revue Bleue	52
Revue Coloniale	6
Revue d'Hygiène Publique et de Police Sanitaire	12
Revue de Chimie Industrielle	12
Revue de l'Aéronautique Théorique et Appliquée	1
Revue de Législation des Mines en France et en Belgique	6
Revue de Madagascar. Organe du Comité de Madagascar	12
Revue de Mécanique	12
Revue des Cultures Coloniales	24
Revue du Génie Militaire	12
Revue Générale de Chimie Pure et Appliquée	24
Revue Générale de l'Acétylène (Organe Officiel de l'Union Française des Acétylénistes et du Syndicat Professionnel de l'Acétylène)	24
Revue Générale de la Marine Marchande	52
Revue Générale des Chemins de Fer et des Tramways	12
Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées	24
Revue Horticole	24
Revue Industrielle	52
Revue Internationale de Navigation Intérieure	24
Revue Maritime	12
Revue Philomathique de Bordeaux et du Sud-Ouest	12
Revue Scientifique	52
Revue Technique, Annales des Travaux Publics, des Chemins de Fer et de l'Assainissement	24
Revue Universelle des Mines, de la Métallurgie, etc	12
Science, Arts, Nature	52
Semaine Financière (La)	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Service Hydrométrique du Bassin de l'Adour. Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie	1
Service Hydrométrique du Bassin de la Seine. Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie	1
Société Académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du Département de l'Aube (Mémoires de la)	1
Société Anonyme du Canal et des Installations Maritimes de Bruxelles. Rapport du Conseil d'Administration	1
Société Astronomique de France (Bulletin de la)	12
Société Belge d'Électriciens (Bulletin de la)	12
Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie (Bulletin de la)	6
Société Belge des Ingénieurs et des Industriels (Liste des Membres)	1
Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Rapport Annuel	1
Société d'Économie Politique (Bulletin de la)	1
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Bulletin de la)	12
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale. Compte Rendu bi-Mensuel des Séances	24
Société de Géographie Commerciale de Bordeaux (Bulletin de la)	24
Société de Géographie Commerciale de Paris (Bulletin de la)	12
Société de Géographie de l'Est (Bulletin de la)	4
Société de l'Enseignement Professionnel et Technique des Pêches Maritimes (Bulletin de la)	4
Société de l'Industrie Minérale (Bulletin de la)	4
Société de l'Industrie Minérale (Compte Rendu Mensuel des Réunions de la)	12
Société de Protection des Apprentis (Bulletin de la)	4
Société de Secours des Amis des Sciences. Compte Rendu de l'Exercice	1
Société des Agriculteurs de France (Bulletin de la)	24
Société des Agriculteurs de France. Comptes Rendus des Travaux de la Session Générale Annuelle	1
Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers. Bulletin Technologique	12
Société des Études Coloniales et Maritimes (Bulletin de la)	12
Société des Ingénieurs sortis de l'École Provinciale d'Industrie et des Mines du Hainaut (Publications de la) (Liège)	4

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Société et Chambre Syndicale des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs de Paris (Bulletin de la)	6
Société Forestière Française des Amis des Arbres (Bulletin de la)	4
Société Française de Minéralogie (Bulletin de la)	12
Société Française de Photographie (Bulletin de la)	24
Société Française de Photographie (Laboratoire d'essais de la). Mémoires et Documents	24
Société Française de Physique. Compte Rendu	24
Société Française de Physique (Séances de la)	4
Société Française des Ingénieurs Coloniaux (Bulletin de la)	4
Société Géologique de France (Bulletin de la)	6
Société Industrielle de l'Est (Bulletin de la)	1
Société Industrielle de Mulhouse (Bulletin de la)	12
Société Industrielle de Mulhouse. Programme des Prix	1
Société Industrielle de Reims (Bulletin de la)	1
Société Industrielle de Reims. Informations et Renseignements Commerciaux.	12
Société Industrielle de Rouen (Bulletin de la)	6
Société Industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne (Bulletin de la)	1
Société Industrielle du Nord de la France (Bulletin de la)	4
Société Internationale des Électriciens (Bulletin de la)	12
Société Nationale d'Agriculture de France (Bulletin des Séances de la)	12
Société Nationale d'Agriculture de France. (Mémoires publiés par la). Séance Publique Annuelle	1
Société Scientifique Industrielle de Marseille (Bulletin de la)	4
Société Technique de l'Industrie du Gaz en France. Compte Rendu du Congrès	1
Société Vaudoise des Sciences Naturelles (Bulletin de la)	2
Spelunca. Bulletins et Mémoires de la Société de Spéléologie	4
Statistique de l'Industrie Minérale et des Appareils à Vapeur en France et en Algérie	1
Statistique de la Navigation Intérieure	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Divers, 1re Partie)	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Divers, 2e Partie)	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Principaux)	1
Statistique des Houillères en France et en Belgique	1
Statistique Générale de la France	1
Sucrerie Indigène et Coloniale (La)	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Syndicat des Entrepreneurs de Travaux Publics de France (Annales du) . . .	24
Syndicats Professionnels, Industriels, Commerciaux et Agricoles (Annuaire des)	1
Tableau Général du Commerce et de la Navigation	1
I. Commerce (Commerce de la France avec ses Colonies et les Puissances Étrangères).	
II. Navigation (Navigation Internationale. Cabotage Français et Effectif de la Marine Marchande).	
Touring-Club de France (Revue Mensuelle du).	12
Tout-Paris. Annuaire de la Société Parisienne.	1
Travaux Publics (Les). Journal Mensuel traitant de la Pratique de l'Art de Construire. Organe Officiel de la Société des Conducteurs, Contrôleurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Mines.	12
Travaux Techniques des Officiers du Génie de l'Armée Belge (Recueil des) (Ixelles).	1
Tribune des Travaux Publics (La). Bulletin de la Société des Conducteurs, Contrôleurs et Commis des Ponts et Chaussées, des Mines et de l'Hydraulique Agricole.	36
Union des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Louvain. Bulletin et Mémoires.	4
Union Géographique du Nord de la France (Bulletin de l').	4
Union Syndicale des Maîtres Imprimeurs de France (Bulletin Officiel de l'). .	12
Université de Liège. Association des Élèves des Écoles Spéciales. Bulletin Scientifique.	12
Université de Liège. Association des Élèves des Écoles Spéciales. Rapport Annuel	1
Université Libre de Bruxelles. Rapport sur l'Année Académique	1
Usines Électriques (Bulletin des). Organe du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité	12
Volta (Le) Électricité. Industries Annexes.	1
Yacht (Le), Journal de la Marine	52
Yachting Gazette. Journal de la Navigation de Plaisance	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
EN ALLEMAND	
Akademie der Wissenschaften (Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen) (Wien)	6
Annalen für Gewerbe- und Bauwesen (Berlin)	24
Architektur- und Ingenieurwesen (Zeitschrift für) (Hannover)	8
Baumaterialienkunde (Stuttgart)	24
Berg-und Huettenmaennische Zeitung (Leipzig)	52
Berg-und Hüttenmännischen Jahrbuches (Leoben)	1
Dampfkessel-und Dampfmaschinen-Betriebes (Mittheilungen aus der Praxis des) (Berlin)	52
Gesellschaft Ehemaliger Studierender der Eidg. Polytechnischen Schule in Zürich (Bulletin der)	1
K. K. Central-Anstalt für Meteorologie-und Erdmagnetismus (Jahrbücher der) (Wien)	1
Maschinen-Konstrukteur (Der praktische) (Leipzig)	26
Niederösterreichischen Gewerbe-Vereins (Wochenschrift des) (Wien)	52
Oesterreichische Eisenbahn-Zeitung (Wien)	36
Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines (Zeitschrift des) (Wien)	52
Oesterreichischen Zeitschrift für Berg-und Hüttenwesen (Leoben)	52
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (Wiesbaden)	12
Repertorium der Technischen Journal-Litteratur (Berlin)	1
Schweizerische Bauzeitung (Zürich)	52
Stahl und Eisen. Zeitschrift für das Deutsche Eisenhüttenwesen (Düsseldorf)	24
Vereines Deutscher Ingenieure (Zeitschrift des) (Berlin)	52
Vereines für die Förderung des Local-und Strassenbahnwesens (Mittheilungen des) (Wien)	12
Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen (Zeitung des)	104
Zeitschrift für Bauwesen (Berlin)	4
Zeitschrift für Elecktrotechnik (Organ des Elektrotechnischen Vereines in Wien)	52
Zentralblatt der Bauverwaltung (Berlin)	104

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
EN ANGLAIS	
Administration Report of the Government of Bengal, Irrigation Department (Calcutta)	1
American Academy of Arts and Sciences (Proceedings of the) (Boston)	24
American Engineer and Railroad Journal (New-York)	12
American Institute of Electrical Engineers (Transactions of the) (New-York)	12
American Institute of Mining Engineers (Bulletin of the) (New-York)	1
American Institute of Mining Engineers (Transactions of the) (New-York)	1
American Railway Master Mechanics' Association (Chicago)	1
American Railway Engineering and Maintenance of Way Association (Chicago)	1
American Society of Civil Engineers (Proceedings of the) (New-York)	12
American Society of Civil Engineers (Transactions of the) (New-York)	2
American Society of Mechanical Engineers (Transactions of the) (New-York)	1
American Society of Naval Engineers (Journal of the) (Washington)	4
Association of Engineering Societies (Journal of the) (Philadelphia)	12
Australasian Institute of Mining Engineers (Transactions of the) (Melbourne)	2
Autocar (The) (London)	52
Automotor Journal (The) (London)	52
Boston Society of Civil Engineers. Constitution and By-Laws and List of Members	1
Boston Transit Commission (Annual Report of the) (Boston)	1
Bureau of Steam Engineering (Annual Report of the Chief of) (Washington)	1
Canadian Institute (Proceedings of the) (Toronto)	2
Canadian Institute (Transactions of the) (Toronto)	2
Canadian Society of Civil Engineers (Transactions of the) (Montreal)	2
Cassier's Magazine (London)	12
Chinese Lighthouses (List of the) (China)	1
City Engineer of Newton (Annual Report of the)	1
Colliery Guardian (The). Journal of the Coal and Iron Trades. (London)	52
Cornell University Register (The) (Ithaca)	1
Electrical Engineer (The) (London)	52
Electrical Review (New-York)	52
Electrical World and Engineer (New-York)	52
Engineer (The) London	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Engineering (London)	52
Engineering and Mining Journal (The) (New-York)	52
Engineering Magazine (The) (New-York)	12
Engineering News and American Railway Journal (New-York)	52
Engineering Record (The) (New-York)	52
Engineering Society of the School of Practical Science (Papers Read before the) (Toronto)	1
Engineers' Club of Philadelphia (Proceedings of the) (Philadelphia)	4
Feilden's Magazine (London)	12
Field Columbian Museum (Annual Report) (Chicago)	1
Franklin Institute (Journal of the) (Philadelphia)	12
Horseless Age (The) (New-York)	52
Indian Engineering (Calcutta)	52
Institute of Marine Engineers (Annual Volume of Transactions of the) (London)	1
Institution of Civil Engineers (Minutes of Proceedings of the) (London)	4
Institution of Civil Engineers. Private Press. (London)	24
Institution of Civil Engineers of Ireland (Transactions of the) (Dublin)	1
Institution of Electrical Engineers (Journal of the) (London)	6
Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland (Transactions of the) (Glasgow)	1
Institution of Mechanical Engineers (Proceedings of the) (London)	4
Institution of Mining and Metallurgy (Transactions of the) (London)	1
Institution of Naval Architects (Transactions of the) (London)	1
Iron Age (The) (New-York)	52
Iron and Coal Trades Review (The) (London)	52
Iron and Steel Institute (Journal of the) (London)	2
John Crerar Library (Annual Report of the) (Chicago)	1
Mac Gill College and University (Annual Calendar of) (Montreal)	1
Manchester Steam User's Association (The) (Manchester)	1
Massachusetts Institute of Technology. Annual Catalogue. (Boston)	1
Massachusetts Institute of Technology. Annual Report of the President and Treasurer. (Boston)	1
Master Car Builders' Association (Chicago)	1
Midland Institute of Mining, Civil and Mechanical Engineers (Transactions of the) (Barnsley)	4

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Mineral Industry, its Statistics, Technology and Trades in the United States and other Countries (The) (New-York)	1
New York State Library (Annual Report on the) (Albany)	1
New-York State Museum (Annual Report of the) (Albany)	1
New-York State Museum (Bulletin of the) (Albany)	1
New-York State Museum (Memoirs of the) (Albany)	1
North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders (Transactions of the) (Newcastle-Upon-Tyne)	1
North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers (Transactions of the) (Newcastle-Upon-Tyne)	4
Nova Scotian Institute of Science (Proceedings and Transactions of the) (Halifax. Nova Scotia)	1
Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages (Tokyo)	2
Railroad Gazette (New-York)	52
Railway Age (The) (Chicago)	52
Railway Engineer (London)	12
Report on the Subsidized Railways and other Public Works in the Province of Nova Scotia (Halifax)	1
Scientific American (New-York)	52
Society of Arts (Journal of the) (London)	52
Society of Engineers. Transactions. (London)	1
Street Department of City of Boston (Annual Report of the)	1
Street Railway Journal (The) (New-York)	52
Traction and Transmission (London)	12
United States Artillery (Journal of the) (Fort Monroe. Virginia)	6
United States Coast Geodetic Survey (Report of the Superintendent of the) (Washington)	1
United States Geological Survey (Annual Report of the) (Washington)	1
United States Geological Survey (Bulletin of the) (Washington)	1
United States Geological Survey (Mineral Resources of the) (Washington)	1
United States Geological Survey (Monographs of the) (Washington)	1
United States Naval Institute (Proceedings of the) (Annapolis)	4
Universal Directory of Railways Officials (The) (London)	1
University of the State of New-York (Annual Report of the Regents of the) (Albany)	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
University of Wisconsin (Bulletin of the). Engineering Series. (Madison) . . .	4
University of Wisconsin (Bulletin of the). Science Series. (Madison)	4
Western Society of Engineers (Journal of the) (Chicago).	6
DANOIS	
Ingenioren (Kjobenhavn).	52
EN ESPAGNOL	
Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (Boletin de la Real) (Barcelona) .	4
Anuario de la Mineria, Metallurgia y Electricidad de España (Madrid) . . .	1
Asociación de Ingenieros Industriales (Revista Tecnológico Industrial) (Barcelona)	12
Asociación de Ingenieros Industriales (Boletin Oficial de la) (Madrid). . . .	12
Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México (Anales de la) (México) . .	1
Boletin de la Secretaria de Fomento (México)	12
Boletin de Minas Industria y Construcciones (Lima)	12
Boletin de Obras Públicas de la Republica Argentina (Buenos-Aires)	4
Industria é Invenciones (Barcelona)	52
Instituto de Ingenieros de Chile (Santiago)	12
Instituto Geológico de Mexico (Boletin del).	2
Junta de Obras del Puerto de Bilbao.	1
Museo Nacional de Montevideo (Anales del).	4
Observatorio Meteorológico Central de México (Boletin Mensual del)	12
Revista de Obras Públicas (Madrid)	52
Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria (Madrid).	52
Revista Tecnica (Buenos-Aires).	24
Sociedad Cientifica « Antonio Alzate » (Memorias y Revista de la) (México) .	6
Sociedad Cientifica Argentina (Anales de la) (Buenos-Aires)	12
Sociedad Colombiana de Ingenieros (Anales de Ingenieria et Organo de la) (Bogóta)	12
EN HOLLANDAIS	
Ingenieur (De) (Orgaan van het Kon. Instituut van Ingenieurs. — Van de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs) (La Haye).	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Tidjschrift van het) (Verhandelingen) (La Haye)	6
Nederlandsche Vereeniging voor Electrotechniek (s' Gravenhage)	2
EN HONGROIS	
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). (Heti Értesitöje) (Budapest)	36
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). (Közlönye) (Budapest)	24
EN ITALIEN	
Accademia dei Lincei (Atti della Reale). Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti. (Roma)	24
Accademia dei Lincei (Atti della Reale). Rendiconto dell' Adunanza Solenne (Roma)	1
Associazione fra gli Utenti di Caldaie a Vapore (Milano)	1
Collegio degli Ingegneri ed Architetti della Sardegna (Bollettino d'l)	4
Collegio degla Ingegneri ed Architetti in Milano (Atti del)	4
Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Napoli (Bollettino del)	24
Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo (Atti del)	2
Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Palermo (Bollettino del)	12
Collegio Toscano degli Ingegneri ed Architetti (Atti del) (Firenze)	2
Giornale del Genio Civile (Roma)	12
Industria (L') (Milano)	52
Ingegneria Civile e le Arti Industriali (L') (Torino)	24
Istituto d'Incoroggiamento (Atti del Reale) (Napoli)	1
Monitore Tecnico (Il) (Milano)	36
Politecnico (Il) (Milano)	12
Rivista di Artiglieria e Genio (Roma)	12
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma. Annuario	1
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma. Programmi d'Insegnamento	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino (Atti della)	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Annali della) (Roma)	6
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Bullettino della) (Roma)	52
EN NORVÈGIEN	
Teknisk Ugeblad (Kristiania)	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
EN POLONAIS	
Przeglad Techniczny (Warszawa)	52
EN PORTUGAIS	
Observatorio do Rio de Janeiro (Annuario publicado pelo)	1
Revista de Obras Publicas e Minas (Associação dos Engenheiros Civis Portuguezes) (Lisboa)	6
Rivista Militar (Rio de Janeiro)	10
EN RUSSE	
Elektritchestvo (Saint-Pétersbourg)	24
Elektrotekhnitcheskii Viestnike (Saint-Pétersbourg)	24
Ghornyi Journale (Saint-Pétersbourg)	12
Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Zapiski) (Saint-Pétersbourg)	12
Institouta Injeniérove Poutéi Soobchtchéniya Imperatora Aleksandra I (Sbornike) (Saint-Pétersbourg)	1
Sobraniya Injéniérove Poutéi Soobchtchéniya (Izviéstiya) (Saint-Pétersbourg)	12
Stroïteli (Saint-Pétersbourg)	12
EN SUÉDOIS	
Teknisk-Tidskrift (Svenska Teknologföreningen) (Stockholm)	52
EN TCHÈQUE	
Spolku Architektův a Inžcnýrů v Království Českém (Zprávy) (Praze) (Architektonicky Obzor. Technicky Obzor)	52

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 920-1-03 — (Encre Lorilleux).

ÉRIES

FOURS MARTIN			FOURS A PUDDLER	
	BASIQUES			
pacité	Nombre	Capacité	Nombre	Poids de la charge
t		*t*		*kg*
»	4	20,0	2	50
—	4	14,0	14	300
—	1	30,0	—	—
—	1	3,0	—	—
12,0	1	12,0	5	1 000
—	4	20,0	—	—
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»
»	4	14,0	»	»
20,0	7	18,0	9	350
—	2	7,0	—	—
»	»	»	»	»
»	4	25,0	16	350
—	1	8,0	25	350
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»
»	2	32,0	»	»
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»
15,0	7	15,0	»	»
»	7	25,0	»	»
»	4	18,0	»	»

NT ET

nstruc

e decha

Fig. 4

NT ET MISE

nstruction P

DE 60 FOURS A COKE

OUS-PRODUITS

ENSTOCK.

e déchargemer

Fig. 5. — Coupe

5

Plan de disposition

Fig. 4. —

Ba

Eau

Citernes

Décantation

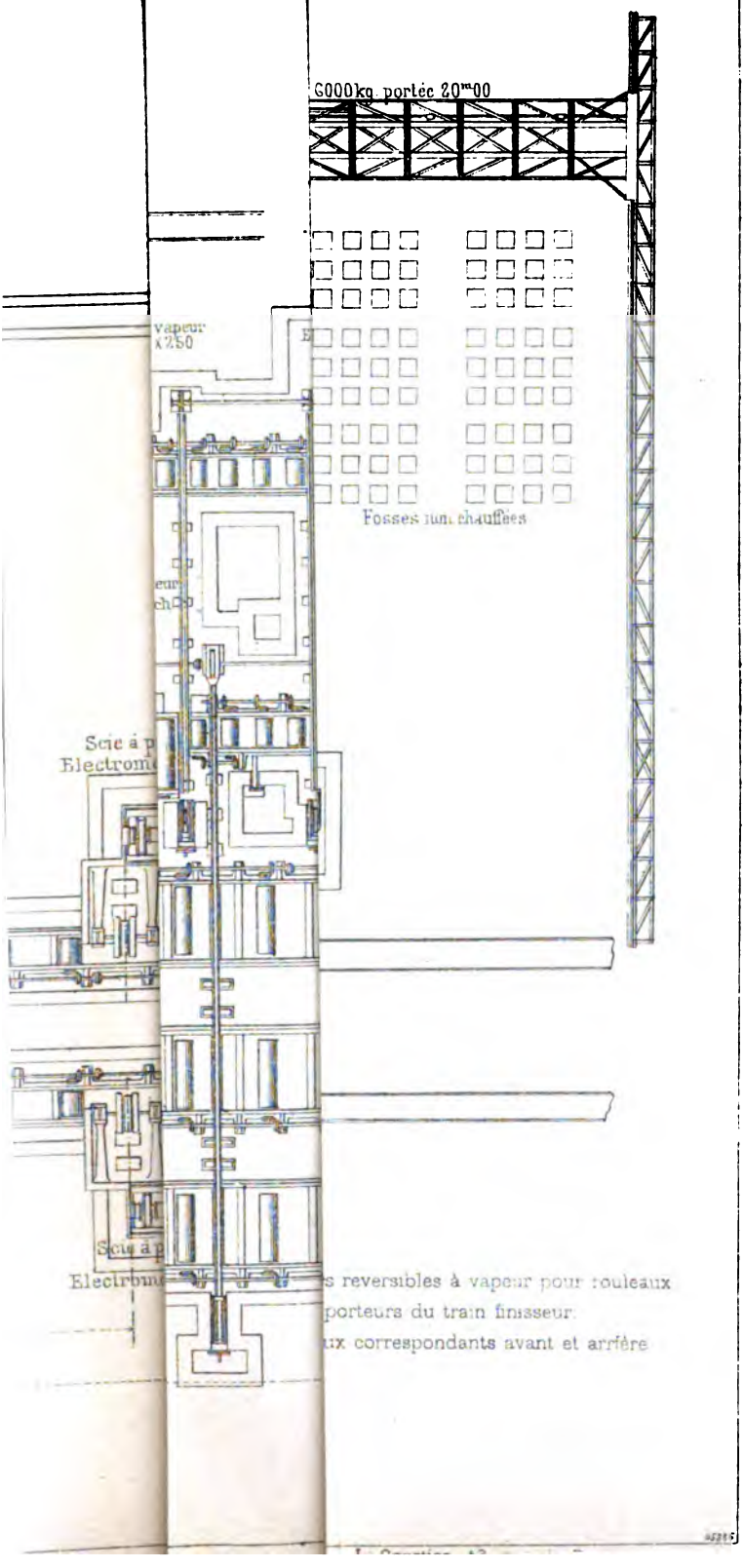
Goudron

moniacale

Pompes et Extracteur

E

L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris


6000kg portée 20m00
Vapeur
Fosses non chauffées
Scie à p
Electrom
Scie à p
Electrobm
s reversibles à vapeur pour rouleaux
porteurs du train finisseur
ux correspondants avant et arrière

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

FÉVRIER 1903

N° 2

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de février 1903, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Astronomie et Météorologie.

Jahrbücher der K. K. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. Officielle Publication. Jahrgang 1899. Jahrgang 1900 (2 vol. in-4°, 305 × 235 de XXII-141 p. et de XX-A-144, B-145, C-32, D-20, 17 p.). Wien, Wilhelm Braumüller, 1900, 1902.

42439 et 42440

Chemins de fer et Tramways.

Bulletin de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer. Table générale analytique des matières, d'après la classification décimale (1er janvier 1900 au 31 décembre 1902) (Annexe au n° 2, février 1903 du Bulletin) (in-8°, 240 × 180 de 28 p.). 42516

DUPUY (P.). — *La traction électrique. Tramways. Locomotives et Métropolitains électriques (Traction dans les mines, sur eau et sur route). Études et projets. Matériel. Prix de premier établissement. Exploitation. Prix de revient. Rendement financier*, par Paul Dupuy (in-8°, 250 × 160 de 505 p. avec 264 fig. et Appendice de 40 p.). Paris, C. Naud, 1903 (Don de l'éditeur). 42517

Eighth Annual Report of the Boston Transit Commission from August 15, 1901, to June 30, 1902 (in-8°, 240 × 145 de 63 p. avec 17 pl.). Boston, Rockwell and Churchill Press, 1902. 42442

MOREAU (A.). — *Traité des Chemins de fer*, par Auguste Moreau. *Tome V. Exploitation. Statistique* (Encyclopédie théorique et pratique des connaissances civiles et militaires. Partie civile. Cours de Construction publié sous la direction de G. Oslet. Dixième partie) (in-8°, 295 × 205 de 992 p. avec 980 fig.). Paris, Georges Fanchon (Don de l'éditeur). 42468

Royaume de Belgique. Ministère des Chemins de fer, Postes et Télégraphes. Chemins de fer, Postes, Télégraphes, Téléphones et Marine. Compte rendu des opérations pendant l'année 1901 (in-4°, 315 × 195 de A-183, B-24, C-26, D-11, X p.). Bruxelles, J. Goemaere, 1902. 42443

Chimie.

HENRIVAUX (J.). — *La Verrerie au XX^e siècle*, par Jules Henrivaux (in-8°, 285 × 195 de VIII-464 p. avec 169 fig.). Paris, E. Bernard et C^ie, 1903 (Don de l'éditeur). 42469

Construction des Machines.

Associazione fra gli Utenti di Caldaie a Vapore avente sede in Milano. Esercizio dell' anno 1900 (Anno decimo) (in-8°, 260 × 180 de 94 p.). Milano, P.-B. Bellini. 42456

Associazione fra gli Utenti di Caldaie a Vapore avente sede in Milano. Note techniche dell' esercizio del 1901 (Anno undecimo) (in-8°, 260 × 180 de 57 p. avec 22 fig.). Milano, P.-B. Bellini, 1903 (Don de M. Guido Perelli). 42428

Associazione fra gli Utenti di Caldaie a Vapore avente sede in Milano. Rendiconto dell'esercizio del 1901 (Anno undecimo) (in-8°, 260 × 180 de 60 p.). Milano, P.-B Bellini, 1902 (Don de M. Guido Perelli). 42429

BELLUZZO (G.). — *Le pompe centrifughe*. Memoria dell' Ing. Giuseppe Belluzzo (Estratto dal Periodico Il Politecnico. Anno 1902) (in-8°, 250 × 170 de 51 p. avec 71 fig. et 3 pl.). Milano, Tip. e lit. degli Ingegneri, 1902 (Don de l'auteur). 42457

PERELLI (G.). — *Istruzioni ai Conduttori di Caldaie a Vapore. Vol. 1° Parte teorica. Parte descrittiva. Appendice*, del Ing. Guido Perelli (in-8°, 185 × 120 de 285 p. avec 152 fig. et 5 pl.). *Vol. 2°. Parte pratica*, del Ing. Guido Perelli (in-8°, 185 × 120 de 100 p. avec 56 fig. et 4 pl.), 1902 (Don de l'auteur). 42430 et 42431

PERELLI (G.). — *Istruzioni ai Conduttori di Locomobili*, del Ing. Guido Perelli (in-8°, 185 × 120 de 144 p. avec 54 fig. et 5 pl.), 1902 (Don de l'auteur). 42432

TREGOLD (Th.) et MELLET (F.-N.). — *Traité des machines à vapeur et de leur application à la navigation, aux mines, aux manufactures, etc.* Traduit de l'anglais de Th. Tregold; *avec des Notes et Additions*, par F.-N. Mellet (in-4°, 260 × 210 de XXX-538 p. avec atlas même format de 24 pl.). Paris, Bachelier, 1828 (Don de M. Nillus, M. de la S.). 42463 et 42464

Économie politique et sociale.

Bulletin de la Société d'économie politique. Année 1902 (in-8°, 255 × 165 de 236 p.). Paris, Siège de la Société. 42427

Rapports sur l'application pendant l'année 1901 des lois réglementant le travail (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Telégraphes. Direction du Travail) (in-8°, 235 × 155 de CLXXXVI-642 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don du Ministère du Commerce). 42470

ROLIN (H.). — *L'exportation des denrées et produits agricoles de Belgique spécialement vers l'Angleterre*, par Hippolyte Rolin (in-8°, 235 × 145 de 14 p.). Bruxelles, P. Weissenbruch, 1893 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42512

ROUSIERS (P. DE). — *Les ententes industrielles*, par Paul de Rousiers (Extrait des Documents publiés par l'Union des Industries métallurgiques et minières et des industries qui s'y rattachent) (in-8°, 240 × 155 de 27 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1903 (Don de l'auteur). 42513

SÉE (P.). — *Le péril américain*, par Paul Sée (Extrait du Bulletin de la Société industrielle du Nord de la France, 1902) (in-8°, 255 × 165 de 143 p. avec 4 graphiques). Lille, Imprimerie L. Danel, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42405

Électricité.

HOSPITALIER (E.), CHALON (P.-F.), DARY (G.), BAIGNÈRES (G.), RODARY (F.) et BAINVILLE (A.). — *L'Électricité à l'Exposition de 1900. 6e fascicule. Seizième livraison dans l'ordre d'apparition. Distribution, transmission et transport de l'énergie*, par E. Hospitalier (in-8°, 320 × 230 de 42 p. avec 17 fig.). — *15e fascicule. Dix-septième livraison dans l'ordre d'apparition. Applications diverses*, par P.-F. Chalon, Georges Dary, G. Baignères, F. Rodary et A. Bainville (in-8°, 320 × 230 de 159 p. avec 11 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, décembre 1902, janvier 1903 (Don de l'éditeur). 42474 et 42475

Géologie et Sciences naturelles diverses.

GEIKIE (SIR A.) et CHEMIN (O.). — *Éléments de géologie sur le terrain*, par Sir Archibald Geikie. Traduit de l'anglais, par O. Chemin (in-18°, 180 × 115 de VII-291 p. avec 87 fig.). Paris et Liège, Ch. Béranger, 1903 (Don de l'éditeur). 42447

LAHACHE. — *Hydrologie du Sahara (suite). Les eaux du Tidikelt*, par M. Lahache (Extrait du Journal de Pharmacie et de Chimie du 1er novembre 1902) (in-8°, 220 × 140 de 6 p.). Paris, Imprimerie F. Levé, 1902 (Don de l'auteur). 42441

Législation.

Annuaire de l'Association technique maritime 1903. Statuts. Bureau. Liste des Membres. Mémoires publiés (in-8°, 180 × 125 de 64 p.). Paris. 42450

CASALONGA et PELLETIER (M.). — *Association des Ingénieurs-Conseils en matière de propriété industrielle. Extrait du Bulletin. Communication sur l'Office national de la propriété industrielle*, par M. Casalonga. *Conférence sur l'arbitrage en matière de propriété industrielle*, par M. Michel Pelletier (in-8°, 240 × 155 de 28 p.). Paris, Siège de l'Association, 1903 (Don de l'Association). 42502

Charter, Supplemental Charter, By-Laws and List of Members of the Institution of Civil Engineers, October 1, 1902 (in-8°, 215 × 135 de 244 p.). London, Published by the Institution, 1902. 42445

Real Academia de Ciencias y Artes. Año académico de 1902 à 1903. Nomina del Personal académico (in-8°, 155 × 90 de 76 p.). Barcelona, A. López Robert. 42473

Métallurgie et Mines.

HANREZ (P.). — *Les Charbonnages de la Campine. Discours* de M. Prosper Hanrez. Séance du 29 janvier 1903. D'après les Annales parlementaires (Sénat de Belgique) (in-8°, 220 × 145 de 50 p.). Bruxelles, Imprimerie F. Vanbuggenhoudt, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42451

LAUNAY (L. DE). — *Les richesses minérales de l'Afrique. L'or, les métaux, le diamant, les phosphates, le sel, les combustibles, les sources thermales, etc. Algérie et Tunisie, Égypte, Abyssinie, Soudan, Côte d'Or, Transvaal, Rhodésia, Afrique centrale, Madagascar, etc.* par L. de Launay (in-8°, 250 × 160 de 416 p. avec 71 fig.). Paris et Liège, Ch. Béranger, 1903 (Don de l'éditeur). 42446

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

BEACH (E.-L.). — *General Index of the Contents of Proceedings of United States Naval Institute.* Prepared by Lieutenant Edward L. Beach. *Volume I Whole n° 1, to volume XXVII Whole n° 100, inclusive* (in-8°, 235 × 150 de 266 p.). Baltimore, The Lord Baltimore Press, 1902. 42504

BOURNE (J.). — *A Treatise on the Screw Propeller, with various suggestions of improvement*, by John Bourne (in-4°, 280 × 210 de VIII-248-XLIV p. avec 206 fig. et 20 pl.). London, Longman, Brown, Green, and Longmans, 1852 (Don de M. Nillus, M. de la S.). 42460

COIGNET (J.). — *Chambre de commerce de Lyon (séance du 22 janvier 1903). Législation des chutes d'eau. Rapport* de M. J. Coignet (in-8°, 270 × 185 de 46 p.). Lyon, Imp. A. Rey et C^ie^ (Don de la Chambre de Commerce de Lyon). 42515

DAELTAR (C. VON). — *Le problème de la navigation aérienne sous un nouveau point de vue*, par César von Daeltar (in-8°, 225 × 140 de 7 p.). Genève, Imprimerie Nationale, 1903 (Don de l'Auteur). 42449

D'ETROYAT (Ad.). — *Traité élémentaire d'Architecture navale*, par M. Ad. D'Etroyat (in-4°, 270 × 210 de 184 p. avec atlas, 485 × 330 de 24 pl.). Lorient, Ch. Gousset, 1845 (Don de M. Nillus, M. de la S.). 42462

FRÉMINVILLE (A. DE). — *Traité pratique de construction navale*, par A. de Fréminville (in-8°, 240 × 155 de VIII-462-199 p. avec 154 fig. et atlas, 315 × 485 de 14 pl.). Paris, Arthus Bertrand, 1864 (Don de M. Nillus, M. de la S.). 42510 et 42511

GRANTHAM (J.). — *Iron Ship-Building with Practical Illustrations*, by John Grantham (in-12, 180 × 110 de VIII-234 p. avec atlas, 370 × 275 de 24 pl.). London, John Weale, 1858 (Don de M. Nillus, M. de la S.). 42508 et 42509

GRIFFITHS (J.-W.). — *Treatise on Marine and Naval Architecture, or Theory and Practice blended in Ship Building*, by John W. Griffiths (in-4°, 310 × 240 de 420-II p. à 2 col. avec 30 pl.). New-York, D. Appleton and Company, 1852 (Don de M. Nillus, M. de la S.). 42458

GUEYMARD (A.). — *Congrès de la houille blanche. Les forces hydrauliques du Haut-Drac dans le département de l'Isère. Du pont Bernard (altitude 745 m) au pont Ponsonnas (altitude 505 m) 240 m de chute sur 21 km de cours.* Mémoire présenté par M. A. Gueymard (in-8°, 270 × 175 de 32 p. avec 14 fig.). Saint-Cloud, Imprimerie Belin frères (Don de l'auteur). 42503

MURRAY (A.) and MURRAY (R.). — *Ship-Building in Iron and Wood* by Andrew Murray, *and Steam-Ships* by Robert Murray. *Second édition* (in-4°, 295 × 230 de XII-166 p. à 2 col. avec XXVII pl.). Edinburgh, Adam and Charles Black, 1863 (Don de M. Nillus, M. de la S.). 42459

MURRAY (R.). — *Rudimentary Treatise on Marine Engines and Steam Vessels, together with Practical Remarks on the Screw and Propelling Power as used in the Royal and Merchant Navy*, by Robert Murray. *Third edition* (in-12°, 180 × 110 de XV-237 p. avec illustrations). London, John Weale, 1858 (Don de M. Nillus, M. de la S.). 42507

SAGERET (E.). — *Du progrès maritime. Étude économique et commerciale*, par Ernest Sageret (in-8°, 235 × 150 de 400 p.). Paris, J. Baudry, 1869 (Don de M. Nillus, M. de la S.). 42465

Silva Ferro (Don Ramon de). — *Estudios economicos, industriales y cientificos respecto á pesquerias y a sus productos*, por Don Ramon de Silva Ferro (in-8°, 270 × 175 de xvi-17 p. avec 2 pl. et nombreuses figures). Londres, Imprenta de Clayton y C^a, 1875 (Don de M. Nillus, M. de la S.). 42466

Silva Ferro (Don Ramon de). — *Memoria referente á la Industria de pesquerias representada en la Exposicion universal de Paris en 1878*, por Don Ramon de Silva Ferro (in-8°, 255 × 170 de viii-183 p. avec nombreuses figures). Londres, Imprenta de Clayton y C^a, 1879 (Don de M. Nillus, M. de la S.). 42467

Voisin Bey. — *Le Canal de Suez*, par Voisin Bey. *Historique administratif et Actes constitutifs de la Compagnie. Première partie. Période des études et de la construction, 1854 à 1869. Deuxième partie. Période de l'exploitation : 1° de 1870 à 1882, 2° de 1883 à 1902* (3 vol. in-8°, 235 × 150 de 344, 321, 339 p. avec atlas, 310 × 240 de 9 pl.). Paris, V^ve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'auteur). 42435 à 42438

Périodiques divers.

Paris-Hachette. Annuaire complet commercial, administratif et mondain, 1903 (in-16, 200 × 190 de 200-908-568-600-300-xx p. avec 1 plan de Paris). Paris, Hachette et C^ie, 1903. 42433

Technologie générale.

Association française pour l'avancement des sciences. Conférences de Paris. Compte rendu de la 31^e session. Première partie. Documents officiels. Procès-verbaux (in-8°, 245 × 150 de cxi-599 p.) Montauban, 1902. Paris, au Secrétariat de l'Association, 1902. 42453

Hartmann (R.). — *Inhalts-Verzeichniss der Jahrgänge 1891 bis einschl. 1900 (XI bis XX) vom Centralblatt der Bauverwaltung. Herausgegeben im Ministerium der öffentlichen Arbeiten.* Bearbeitet von R. Hartmann (in-4°, 350 × 255 de 98 p.). Berlin, Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn. 42506

Jitkove (S.-M.). — *Systematitcheskii Oukazateli Journala Izviestiya Sobraniya Injénierove Poutéi Soobchtcheniya 1882-1890*, Sostavile Inj. S.-M. Jitkove (in-8°, 275 × 175 de 38 p.). Saint-Pétersbourg, 1902. 42514

Kammerer. — *Ist die Unfreiheit unserer Kultur eine Folge der Ingenieurkunst? Rede zum Geburtsfeste Seiner Majestät des Kaisers und Königs Wilhelm II. in der Halle der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin am 26. Januar 1903 gehalten* von zeitigen Rektor Kammerer (in-8°, 270 × 190 de 14 p.). (Don de la Königlichen Technische Hochschulen zu Berlin). 42455

MAILLARD (G.). — *Congrès international de la propriété industrielle, tenu à Paris, du 23 au 28 juillet 1902. Procès-verbaux sommaires*, par M. Georges Maillard (Ministère du Commerce, de l'Industrie. des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 280 × 185 de 83 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don du Ministère du Commerce). 42448

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers, with other selected and abstracted Papers. Vol. CL. 1901-1902, Part. IV (in-8°, 215 × 135 de VII-575 p. avec 11 pl.). London, Published by the Institution, 1902. 42444

Rapports du Jury international. Groupe XIII. Fils, Tissus, Vêtements. Première partie. Classes 76 à 84 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900, à Paris) (in-8°, 290 × 195 de 758 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire Général de l'Exposition universelle de 1900). 42434

Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Rapports annuels. Exercices 1899-1900; 1900-1901; 1901-1902 (3 broch. in-8°, 235 × 155 de 27 p., 43 p. et 40 p.). Bruxelles, Imprimerie Nouvelle, et Imp. A. Lesigne, 1900, 1901, 1902. 42452, 42471 et 42472

Transactions of the American Society of Civil Engineers. Vol. XLIX December 1902 (in-8°, 230 × 150 de VI-382 p. avec 12 pl.). New-York, Published by the Society, 1902. 42454

Travaux publics.

Deuxième Congrès national des Travaux publics. Hôtel de la Société des Ingénieurs Civils de France, 9-13 février 1903, Paris. Documents relatifs au Congrès (26 pièces) (Don de M. le Secrétaire Général du Congrès). 42476 à 42501

Voies et Moyens de Communication et de Transport.

WOOD (N.). — *A Practical Treatise on Rail-Roads, and Interior Communication in general. Second Edition*, by Nicholas Wood (in-8°, 220 × 135 de XXVII-530 p. avec 12 pl.). London, Longman, Rees, Orme, Brown, and Green, 1832 (Don de M. Nillus, M. de la S.). 42461

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de février 1903, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

G. ALLAMEL,	présenté par MM.	Corvol, Rancelant, Serre.
C. BIRAULT,	—	Bodin, Buquet, Bertraud de Font-violant.
G.-Ch. BOISSAYE,	—	Ferré, Fourchotte, Vincent.
F.-R. COLOMER,	—	Bel, de Dax, de Gennes.
E.-A. DUCHER,	—	Besson, Bochet, Harlé.
Ch.-E. FOLLIN,	—	Fayollet, Herpin, Taillandier.
J.-F.-W. GARCIN,	—	Bert, Jannettaz, Riester.
F.-M. GLAIZOT,	—	Couriot, Hebert, Jannettaz.
P.-A. GUIARD,	—	Godfernaux, Guignard, Laurain.
A.-H. HERDNER,	—	Baudry, du Bousquet, Salomon.
A.-R. HOUDRY,	—	Delachanal, Fritscher, Germon.
P.-Ch. IWEINS,	—	A. Cornuault, E. Cornuault, Gassier.
G.-P.-E. LELARGE,	—	Moreau, Legentil, Machavoine.
H.-L. LEROY,	—	de Dax, Duchesne, Nillus.
P.-B. LOYEAU,	—	Lacube, Merle, Medebielle.
H. MARX,	—	Hebert, Lattès, Lemaire.
E. REGNARD,	—	Bodin, Jullien, P. Regnard.
E.-E. SALADIN,	—	Schneider, Canet, Geny.
A.-H. SPEISER,	—	Blétry, Laffargue, Scheuter.
A. TOURNON,	—	Avril, Millet, Renous.
N. VASSILIEFF,	—	Boreyscha, de Timonoff, Ghercevanof.
H.-A.-J. VERGNE,	—	Bodin, Pommier, Delaporte.
A.-M.-J. WITZ,	—	Salomon, Bodin, Moreau.

Comme Membres Associés, MM. :

J.-L. BALSAN,	présenté par MM.	A. Loreau, C. Balsan, A. Corot.
H.-L. BRESSON,	—	Max de Nansouty, Lévy-Salvador, G. Bresson.
F. GUENOT,	—	Dorion, Lencauchez, Pelletier.
P.-R. PROVOST,	—	Ravasse, G. Richard, Scheuter.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1903

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 6 FÉVRIER 1903

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

A propos de la communication de M. Ch. Compère, parue dans le Bulletin de novembre, sur les Machines à vapeur et les Chaudières à l'Exposition de Düsseldorf, notre Collègue, M. Desrumeaux, nous adresse une lettre traitant plus spécialement de la question de l'épuration des eaux d'alimentation des chaudières.

Dans cette lettre, M. Desrumeaux fait remarquer que la filtration a été l'un des premiers moyens employés par Demailly (1875), Le Tellier (1874 et 1875), Porter-Clark (1880), etc. Les insuccès de ce système, proviennent, d'après M. Desrumeaux, de ce que l'addition des réactifs demande un temps relativement long pour opérer la précipitation des sels calcaires, ; à ceci vient s'ajouter la nécessité d'opérer de fréquents nettoyages de la matière filtrante. M. Desrumeaux dit que c'est pour remédier à ces deux inconvénients considérables qu'on imaginé de remplacer la filtration par la décantation.

Cette lettre est déposée aux archives.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de :

M. Ch.-E. Chaperon, ancien Élève de l'École Centrale, Chevalier de la Légion d'honneur, Membre de la Société depuis 1880, Membre du Comité en 1902. A été Ingénieur Chef de division à l'Exploitation des chemins de fer du P.-L.-M ;

M. J. Lopes d'Almeida, ancien Élève de l'Université de Gand, Membre de la Société depuis 1897, industriel :

M. Ignace Schoenstein, Membre de la Société depuis 1886, ancien Administrateur de la Société de Tramways, d'éclairage et d'entreprises électriques de Hongrie.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de condoléance de la Société tout entière.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. P. Rouget et A. Roy ;

Chevalier du Mérite agricole : M. A. Lang ;

MM. Ch. Prevet, F. Reymond, E. Lahaye, E. Gruner, ont été réélus Membres du Comité consultatif des Chemins de fer.

MM. G. Sohier et J. Fleury ont été nommés Membres du Comité consultatif des Chemins de fer.

MM. L. Boudenoot et G. Bresson ont été nommés Membres du Conseil de perfectionnement de l'École nationale supérieure des Mines.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, dans la séance de ce jour, il y a lieu de procéder à la nomination de trois Jurés titulaires et de trois Jurés supplémentaires pour le Jury du Prix Nozo.

Il est procédé au vote.

Sont nommés Jurés titulaires : MM. L. Baclé, A. Barbet, Ed. Coignet ; et Jurés supplémentaires : MM. J. Grouvelle, F. Honoré, Th. Seyrig.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus. Cette liste sera insérée dans un des prochains Bulletins.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il a reçu, de The Iron and Steel Institute, avis qu'une ou plusieurs bourses de recherches, dont l'importance sera toujours laissée à l'appréciation du Conseil de l'Institut du Fer et de l'Acier (Iron and Steel Institute), et qui sont dues à la munificence de son Vice-Président, M. Andrew Carnegie, seront accordées annuellement, sur la recommandation du Conseil de l'Institut, et sans distinction de sexe ou de nationalité.

Les conditions et détails sont déposés au Secrétariat de la Société.

M. LE PRÉSIDENT annonce également que l'Exposition industrielle de Reims s'ouvrira en mai prochain, pour finir en septembre.

M. LE PRÉSIDENT dit que notre Collègue, M. O. Rochefort, qui devait prendre le premier la parole ce soir, a bien voulu céder son tour à M. Gouvy, ce dernier devant partir demain matin de très bonne heure pour Nancy. Il remercie M. Rochefort de son obligeance en cette circonstance.

M. A. GOUVY a la parole pour sa communication sur l'*État actuel de la Sidérurgie Rhéno-Westphalienne.*

M. A. GOUVY, se référant tout d'abord à la conférence qu'il a faite le 4 juillet dernier sur l'Exposition de Düsseldorf, fait observer que la communication actuelle est, en réalité, un complément nécessaire à la première étude.

M. Gouvy passe rapidement en revue quelques chiffres de statistique

ayant trait aux extractions de houille et de lignite, à la fabrication des briquettes et du coke, aux transports et aux provenances des minerais consommés par les hauts fourneaux rhénans et westphaliens; ces tableaux de statistique se retrouvent au Mémoire. Il traite ensuite de la fabrication du coke, de la récupération des sous-produits et, notamment, de l'emploi des pilonneuses-défourneuses mécaniques et des avantages que présentent ces appareils pour les houilles relativement maigres.

Dans la fabrication de la fonte, il fait ressortir principalement celle des fontes Thomas, les profils des nouveaux hauts fourneaux de Schalke (250 *t*) et de Bruckhausen (300 *t*) ainsi que ceux du pays de Siegen. Il fournit les indications complémentaires sur les appareils de prise de gaz, le porte-vent Lürmann, les briques de carbone, les dimensions des machines soufflantes, les monte-charges, etc.

La question de l'emploi des gaz de hauts fourneaux et de leur épuration, ainsi que celles des nouveaux moteurs à gaz à quatre temps et double effet, en construction, sont traités de nouveau tout spécialement.

M. Gouvy calcule notamment l'économie obtenue par l'emploi rationnel des gaz de fourneaux perdus jusqu'à présent et qui, pour un fourneau de 100 *t* par vingt-quatre heures, atteint un chiffre annuel représentant 170 000 *f*.

Cette utilisation des gaz de fourneaux entraine tout naturellement le développement rapide de stations centrales électriques dans les usines, et l'application de plus en plus grande de l'électricité à toutes les manutentions et à presque tous les appareils métallurgiques.

M. Gouvy traite ensuite quelques questions concernant les fonderies de fonte (machines à mouler), puis passe à l'étude des aciers au convertisseur, et notamment des mélangeurs de fonte, de la préparation de la dolomie, des machines soufflantes, etc. La fabrication des aciers au four Martin joue, en Westphalie, un rôle très important; on rencontre fréquemment, dans les Usines, des chargeurs mécaniques, des ponts roulants pour coulée, etc.

Après avoir donné quelques indications sur les matières employées, sur le mode de travail usité, sur les grandes scies à froid pour masselottes, etc., M. Gouvy passe à la question de la fabrication du fer puddlé qui joue encore, malgré le fer fondu, un rôle important. Il mentionne la fabrication rapide de grosses pièces de forge, notamment d'arbres de couche pour navires; il décrit les installations les plus nouvelles appliquées aux laminoirs westphaliens (Union, Dortmund, etc.), installations expliquant précisément les dimensions des produits exposés à Düsseldorf. La question des condensations centrales est l'objet d'une étude spéciale au point de vue des économies que peuvent produire ces installations. Enfin, M. Gouvy signale les essais les plus récents faits en vue de récupérer même les chaleurs perdues des eaux de condensation au moyen de machines spéciales dites à gaz froid et fonctionnant avec l'acide sulfureux vaporisé par la chaleur des eaux de condensation.

Après avoir mentionné encore les fabrications spéciales des roues de wagons et des tubes en fer, M. Gouvy conclut que les améliorations continuelles dans les installations des usines sont inévitables si l'on veut

être prêt à lutter contre la concurrence, notamment à l'exportation; à cet effet, c'est l'étude incessante des éléments composant chacun des facteurs du prix de revient de chaque produit fabriqué qui doit servir de point de départ, suivant la possibilité du moment et suivant les capitaux disponibles; le tout doit, bien entendu, être combiné avec une étude suivie de l'amélioration de la qualité des produits fabriqués, basée sur les matières premières dont on peut disposer à des prix raisonnables et sur les usages auxquels ces produits sont destinés.

M. H. Couriot demande s'il a été fait des expériences sur la résistance des cokes obtenus au moyen des charbons comprimés.

M A. Gouvy répond que des essais ont été faits mais qu'il n'a pas sous la main les résultats de ces essais. Il pourrait, toutefois, se les procurer.

M. le Président remercie vivement M. Gouvy de sa communication si intéressante et si complètement documentée. Notre Collègue nous a apporté ce soir les résultats d'une étude aussi importante qu'utile pour tous les Membres de la Société.

M. O. de Rochefort-Luçay a la parole pour sa communication sur une *nouvelle Machine à écrire Dactyle avec moteur électrique.*

Il dit que cet appareil, chef-d'œuvre de mécanique, est dû à M. Blickensderfer, de Stamford, Etats-Unis d'Amérique.

M. Rochefort montre la machine, il explique qu'elle a quatre-vingt-quatre caractères en trois claviers et vingt-huit touches, une barre d'espacement et trois touches spéciales pour les mouvements automatiques du chariot. Les mouvements du chariot et ceux du mécanisme d'impression sont commandés par un moteur électrique, placé à l'arrière, et qui tourne pendant tout le temps de l'emploi de la machine.

Chaque clé de touche, par un mouvement de 2 *mm* d'amplitude et de quelques grammes de force, embraye le moteur en même temps qu'elle enclanche le mécanisme d'impression. Le mouvement commencé se continue en lâchant la clé de touche qui devient libre et ne peut servir de nouveau à l'impression de son signe qu'après avoir été relevée et abaissée de nouveau. Cela permet de ne pas relever le doigt pour chaque touche enfoncée.

En somme, l'opérateur n'a qu'à indiquer à une sorte de servo-moteur le travail matériel à exécuter, ce qui augmente la vitesse d'impression, enlève toute fatigue, donne une régularité absolue de l'impression et permet l'emploi d'une machine à organes imprimants robustes.

Le moteur a une force de 1/50 de cheval; il tourne à 2000 tours à la minute et permet une impression de un signe par tour.

Un dispositif spécial bloque la machine à la dernière lettre d'une ligne écrite et empêche ainsi qu'on écrive un caractère sur un autre à la fin d'une ligne.

Le retour automatique du chariot, par l'intermédiaire d'une touche spéciale et du moteur, fait en même temps l'interligne choisi.

M. Rochefort explique le fonctionnement mécanique de la machine au moyen de dessins; il dit que l'on rode et essaye les machines Dactyles électriques en écrivant sur elles par une sorte de machine à touches

correspondantes qui place son clavier sur celui de l'Electrique. Cette machine les commandant donne toujours la même phrase contenant tous les signes et tenant en une ligne. Elle a ses leviers commandés électriquement au moyen d'un rouleau analogue à ceux des boites à musique ; le papier est sans fin et en rouleau ; la machine écrit seule ainsi pendant des heures.

M. P. Regnard demande quelques explications complémentaires sur le mode de fonctionnement d'un organe de la machine qui vient d'être présentée, organe qui a pour but d'assurer l'égalité absolue d'espacement des caractères entre eux. Il fait également remarquer que le changement automatique de ligne est un grand perfectionnement, car cela évite absolument toute possibilité de superposition des caractères. Il en est de même de l'arrêt automatique de la machine lorsqu'elle arrive à fin de course.

M. O. Rochefort donne à M. Regnard les renseignements demandés à propos de l'organe ci-dessus, dit : roue d'assujettissement. Il explique également le mécanisme qui permet de faire l'arrêt de la fin de la ligne en un point quelconque de cette ligne.

M. E. Jacquin demande à quelle époque on pourra se procurer des machines analogues à celle qui vient d'être décrite.

M. O. Rochefort répond qu'à l'heure actuelle il n'existe, en France, qu'une seule machine, qui est celle qu'il vient de nous présenter. Il espère toutefois que, dans quelques mois, le constructeur, qui apporte en ce moment quelques modifications de détail, sera en mesure de produire des machines parfaites.

M. le Président remercie M. O. Rochefort de sa communication sur cette machine intéressante qui semble réaliser de grands progrès ; il le remercie également des explications si claires et si nettes qu'il a bien voulu donner sur son fonctionnement.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. A.-R. Houdry, P. Ch. Iweins, G.-P.-E. Lelarge, H.-L. Leroy, P.-B. Loyeau, E.-E. Saladin, N. Vassilieff, A.-J.-H. Vergne, comme Membres sociétaires, et de

M. L.-J. Balsan, comme Membre Associé.

MM. G. Allamel, C. Birault, G.-Ch. Boissaye, F.-R. Colomer, E.-A. Ducher, Ch.-E. Follin, J.-F. Garcin, F.-M. Glaizot, P.-A. Guiard, H.-A. Herdner, H. Marx, E. Regnard, A.-H. Speiser, A. Tournon, M.-J.-A. Witz, sont admis comme Membres Sociétaires, et :

MM. H.-L. Bresson, F. Guénot, P.-R. Provost, comme Membres Associés.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
H. Laurain.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 20 FÉVRIER 1903

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

A propos de la communication de M. O. de Rochefort-Luçay, sur une nouvelle machine à écrire *Dactyle*, avec moteur électrique, notre Collègue, M. M. Wehrlin, nous adresse une lettre dans laquelle il rappelle qu'une partie des résultats obtenus par cette machine ont déjà été réalisés dans la machine à composer, dite « Electro-Typographe », que M. Lavezzari nous a presentée dans la séance du 5 juillet 1902. Dans cette machine, l'impression du texte, sur une copie témoin, est réalisée au moyen d'une machine à écrire dans laquelle les leviers des types sont mis en action par un organe mécanique mû par un petit électro-moteur. Comme dans la Dactyle, le doigt de l'opérateur, en appuyant sur les touches, ne fait que préparer l'enclanchement des leviers correspondants, et c'est la machine qui achève l'opération.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de :

M. N.-G. Boucher, Membre de la Société depuis 1881, Agent Voyer en retraite, Expert près le Conseil de préfecture de Seine-et-Oise ;

M. P.-M. Fauquier, ancien Élève de l'École d'Arts et Métiers d'Aix (1871), Membre de la Société depuis 1893, Chevalier de la Légion d'honneur, Directeur de la maison Piguet et Compagnie, machines à vapeur ;

M. J.-P.-G. Lamboi, ancien Élève de l'École Centrale (1871), Membre de la Société depuis 1880, Ingénieur, Constructeur-Mécanicien.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues les sentiments de condoléances de la Société tout entière.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations suivantes :

Ont été nommés :

Officiers de l'Instruction publique : MM. M. Dibos, A.-R. Grosdidier, Ch. Jablin-Gonnet, A.-B. Marillier, Gaspard Meyer, G. Michaux, G. Tartary ;

Officiers d'Académie : MM. L.-O. Aulanier, S.-J. Boussiron, E. J.-N. Carrot, Ch. Desbrochers des Loges, J.-L. Flocon, Ch. Gauthier-Lathuille, A.-F. Hiberty, S. Lacube, E.-L. Méra, M. Paré, G.-F. Poydenot, L.-M. Quesnel, J.-J. Sussfeld, J.-H.-Ch. Wittmann.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain

Bulletin. Parmi ces ouvrages, M. le Président signale plus spécialement *Les travaux des années 1900 et 1901 sur les Eaux de Sources Alimentaires de la Ville de Paris*. Notre Collègue M. Bergeron voudra bien, dans une prochaine séance nous faire une communication à ce sujet.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'un Congrès des mesures préventives contre le Feu se tiendra, à Londres, du 7 au 10 juillet prochain. Il engage les Membres qui auraient l'intention d'aller à ce Congrès à le faire savoir au Secrétariat Administratif.

Le cinquième Congrès international de Chimie appliquée se réunira, à Berlin, du 2 au 8 juin 1903. S'adresser pour tous renseignements au Comité d'organisation du cinquième Congrès, à Berlin.

M. LE PRÉSIDENT dit que le Congrès national des Travaux Publics s'est tenu, du 9 au 13 février courant, dans l'Hôtel de la Société des Ingénieurs Civils de France, qui a été mis à sa disposition par le Comité.

M. le Président a assisté à la séance d'ouverture du 9 février et a souhaité la bienvenue aux Congressistes. Il a également assisté à la séance de clôture du 13, qui était présidée par M. Maruéjouls, Ministre des Travaux Publics. Parmi les Membres, tant du Comité permanent que du Comité de patronage de ce Congrès, nous relevons un grand nombre de noms de Membres de la Société, tels : MM. Hersent, Président du Congrès, Doniol, G. Dumont, H. Garnier, Ch. Prevet, Ed. Peigné, P. Gallotti, E. Bourdonnay, G. Berger, P. Buquet, Denis, Plichon, Reymond, L. Salomon, P. Bodin, Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, etc. etc...

M. le Président ajoute que les mémoires qui ont été présentés, les discussions auxquelles ils ont donné lieu et les vœux qui ont été émis et votés dans les diverses séances, semblent présenter un intérêt considérable pour notre pays.

M. LE PRÉSIDENT dit que nous avons le plaisir d'avoir ce soir, parmi nous, M. le Commandant MAHAN, du corps du Génie militaire des États-Unis.

Il remercie M. Mahan, et lui donne la parole.

M. le Commandant MAHAN indique en quelques mots le principe d'un appareil qu'il nomme *Dessinateur Universel*. Cet instrument est destiné à remplacer le té, l'équerre, l'échelle et le rapporteur.

M. le Commandant Mahan donne la description de l'appareil dont le fonctionnement est basé sur l'emploi de deux parallélogrammes dont les côtés sont formés par des barres rigides, tandis que les angles sont variables. Le dispositif permet de tracer, en tous points d'une feuille de papier à dessin, deux lignes parallèles à deux directions qu'on a pu se donner d'avance.

L'appareil est déjà très répandu aux États-Unis, et, à l'École des Ponts et-Chaussées de Paris, on l'a trouvé d'un intérêt suffisant pour le faire employer par le dessinateur de l'École.

M. A. DE GENNES demande à M. le Commandant Mahan comment on opère quand il s'agit de grands dessins dont les dimensions dépassent le rayon d'action de l'appareil.

M. le Commandant MAHAN répond qu'on place deux ou plusieurs plaques de base, ou *ancres*, fixées sur le côté haut de la planche à dessin, et ajustées de façon à ce qu'elles soient rigoureusement parallèles les unes aux autres. L'appareil est changé d'une plaque à l'autre, selon les besoins du travail. Il indique ensuite comment on se sert du rapporteur, comment on démonte les réglettes et enfin comment on peut placer sur la gauche de la planche un support pour l'appareil afin de pouvoir utiliser toute la surface de la feuille de papier. On peut également faire l'appareil de plusieurs grandeurs.

M. D.-A. CASALONGA demande le nom de l'inventeur de cet appareil ; le conférencier répond qu'il ignore ce nom, mais il s'offre à le faire connaître à M. le Président. Sur une autre question de M. Casalonga, M. le Commandant Mahan répond que le prix de l'appareil de dimensions moyennes est de 150 à 160 francs, ce prix s'entend en Amérique.

M. LE PRÉSIDENT demande au conférencier si on a pu faire des observations quant au temps gagné par l'emploi de cet instrument par les dessinateurs.

M. le Commandant MAHAN répond qu'à l'École des Ponts et Chaussées on lui a dit que, pour l'établissement des dessins destinés aux cours de l'École, le dessinateur qui les établit gagne, avec l'emploi de l'appareil, du tiers à la moitié de son temps.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. le Commandant Mahan de sa communication. Il fait connaître à l'Assemblée que le Commandant appartient au corps du Génie militaire des États-Unis et qu'il est l'auteur du premier grand barrage sur l'Ohio.

M. F. Arnodin a la parole pour sa communication sur *les Câbles témoins* (Système Arnodin).

M. F. ARNODIN rappelle l'importance qu'il y a eu, de tous temps, et plus encore de nos jours, à vérifier, sur un ouvrage fait, si les conditions du calcul ont bien été remplies. — C'est cette préoccupation qui a produit, peu à peu, la transformation des méthodes d'épreuves. A l'ancienne méthode employée pour les essais de ponts, méthode qui consistait à charger l'ouvrage pour voir « s'il tenait », on a ajouté les essais à l'aide d'appareils spéciaux, parmi lesquels il cite ceux de *Manet* et ceux de *Rabut*. Ces appareils permettent de se rendre compte, non seulement de ce qui se passe dans l'ensemble de l'ouvrage, mais encore et surtout dans chaque pièce prise individuellement. Par la découverte des phénomènes constatés on peut juger de la valeur des hypothèses admises, de l'exactitude des méthodes de calcul et du degré de sécurité que l'ouvrage peut offrir.

M. Arnodin donne les motifs pour lesquels les appareils ci-dessus rappelés ne s'appliquent pas facilement au cas spécial des constatations à faire sur les pièces qui composent les ponts suspendus, et, en particulier, sur les câbles qui sont les pièces principales de ces ouvrages. Ce sont ces motifs qui l'ont amené à la réalisation de l'appareil qu'il a désigné par le nom de « câble témoin ». La simplicité de cette méthode est à la portée de tous, de l'Ingénieur à l'ouvrier.

Le câble témoin est fait du même métal que le câble à observer et les fils en sont assemblés de la même façon. Le témoin est placé à côté du câble à vérifier; en agissant sur les tendeurs de ce câble témoin on lui donne la même flèche de chaînette. On lira alors la tension sur le cadran d'un dynamomètre placé sur le câble témoin. Cette tension lue est précisément aussi celle du câble à observer, par millimètre carré de section utilisée.

M. Arnodin signale un point important de sa méthode : le dynamomètre indique, en effet, à chaque instant, l'effort total subi par la pièce au moment de l'observation, tandis que les appareils d'observation utilisés antérieurement donnaient seulement l'effort accidentel dû à la surcharge.

M. Arnodin examine ensuite les causes qui peuvent fausser les résultats de sa méthode, mais il a soin, en même temps, de nous indiquer les moyens d'éviter que ces causes perturbatrices se produisent. Il passe ensuite en revue les applications de la méthode décrite à des cas autres que ceux des câbles de ponts suspendus, et, en particulier, celui des chaînes à mailles, celui de la mesure de l'effort à l'arrachage des pilotis, celui des câbles de remorque des chalands. Enfin il termine par quelques conseils sur le choix à faire pour les dynamomètres à employer, en insistant surtout sur l'utilité de ne pas faire usage d'instruments à grande amplitude, car les déplacements dans l'instrument doivent être compensés en agissant sur les tendeurs. M. Arnodin indique aussi qu'il a en vue d'arriver à la réalisation, la plus économique possible, d'ouvrages beaucoup plus hardis que ceux qu'on a osé réaliser jusqu'à ce jour.

M. A. Loreau dit qu'il a assisté à certains essais faits, sur le pont de Bonny-Beaulieu, par M. l'Ingénieur en chef Renardier, avec la méthode de M. Arnodin. Toutes les personnes présentes ont été frappées de la simplicité de la méthode qui permettait, à chaque instant, de se rendre compte que les différents câbles étaient soumis à des efforts très inférieurs à ceux pour lesquels ils avaient été calculés. M. Loreau compte que M. Arnodin voudra bien, par la suite, faire une communication sur les ponts suspendus et sur les transbordeurs qu'il construit.

M. le Président remercie notre grand constructeur de ponts suspendus de sa très intéressante communication ; il ajoute que M. Arnodin a surtout voulu présenter cette étude à la Société pour rendre service à ceux de nos Collègues qui pourront employer son système, dont il n'entend pas conserver la propriété. M. le Président remercie doublement M. Arnodin de sa communication de et son désintéressement.

M. A. de Gennes a la parole pour sa communication sur *l'Exploitation des Carrières aux Etats-Unis.*

M. A. de Gennes rappelle qu'il a exposé devant la Société les progrès réalisés dans l'exploitation des mines aux États-Unis ; il va parler des carrières dans le même pays et fait, de suite, remarquer que, dans l'un et l'autre cas, les caractéristiques sont les mêmes : l'emploi des procédés mécaniques partout où ils ont pu remplacer l'homme, et l'intensité de production poussée le plus loin possible.

M. de Gennes décrit les machines employées dans les carrières; il

montrera ensuite leurs applications. Il y a d'abord les machines qui remplacent l'ancien travail du carrier et, ensuite, les appareils de levage et d'enlèvement des blocs.

L'emploi des machines *carreyeuses* s'est généralisé parce qu'on a reconnu, aux États-Unis, les effets nuisibles des explosifs qui causent des déchets considérables et qui abîment souvent les lits les plus beaux. Parmi ces machines carreyeuses, M. de Gennes cite et décrit les *trancheuses* dont l'outil est formé de lames d'acier juxtaposées. Cette machine reçoit son mouvement d'un piston à vapeur. On obtient la manœuvre mécanique de l'outil, puis aussi le déplacement du chariot porteur sur une voie parallèle au front d'attaque. Ces machines coupent la pierre moyennement dure, le calcaire, le grès et le marbre jusqu'à la dureté du granit exclusivement. Parmi ces machines il faut citer la *trancheuse verticale*, la *trancheuse à angle variable*, la *trancheuse à plateau* et enfin la *trancheuse horizontale*.

Après les *trancheuses*, il faut citer les *perforatrices*. Il y a les *perforatrices sur barre* et les *perforatrices sur chevalet*. Ces dernières peuvent arriver à faire des trous de 3 *m* sur des diamètres de 31 à 63 *mm*.

Quand les pierres sont découpées, il faut les enlever et c'est au sujet de ce travail que M. de Gennes fait passer, devant l'assemblée, une série de vues de chantiers où l'organisation des bigues d'enlevage est très judicieusement disposée. Les vues projetées attestent une activité très grande des chantiers. En particulier, M. de Gennes décrit l'exploitation d'une carrière, depuis son origine, dans l'État de Vermont. Actuellement cette carrière utilise la vapeur pour faire mouvoir ses différentes machines. 20 *ch* sont employés pour les bigues, et la force des trancheuses et autres outils atteint 24 *ch*. 6 *ch* sont utilisés par les perforatrices, soit en tout, sans compter les pompes, 50 *ch* pour un élément de carrière. M. de Gennes décrit encore l'exploitation d'une carrière à Bedfort (État d'Indiana) où on extrait un calcaire oolithique assez tendre. Il décrit ensuite la carrière d'ardoise de West-Rutland.

M. de Gennes termine sa communication en projetant une série de vues qui montrent combien ces moyens simples, mais puissants, ont facilité la réalisation de travaux très importants, en particulier, la tranchée d'amenée à une turbine pour l'utilisation de la chute du Niagara.

M. H. Couriot fait observer que nous possédons, en France, des appareils répondant aux mêmes besoins que ceux qui viennent d'être décrits; il cite, en dehors des machines à rainurer, la scie diamantée qui peut remplacer les trancheuses dans les roches dures et demi-dures en évitant leur ébranlement; il rappelle aussi l'emploi qui a été fait avec succès dans les roches tendres du fil hélicoïdal. M. Couriot signale le manque de stabilité des perforatrices montées sur trépied.

Au sujet de l'exploitation des ardoisières, M. Couriot rappelle que dans la région d'Angers la méthode dite « montante », grâce à ses chambres de faible hauteur, a remplacé avec avantage la méthode dite « descendante » appliquée aux États-Unis, qui a le grave inconvénient d'être une source de danger pour le personnel travaillant au fond d'excavations mesurant plus de cent mètres de profondeur, et dans lesquelles

le moindre fragment de roche, qui vient à tomber, peut causer un accident sérieux en raison de l'accélération.

M. P. Rouget indique que, dans la région d'Angers, l'exploitation des ardoisières se fait « en chambres » ; ce procédé élimine de suite l'emploi de la vapeur en raison des difficultés qu'il y aurait à évacuer cette même vapeur d'échappement.

M. de Gennes commence par rappeler que le titre même de sa communication montre qu'il n'avait pas à parler de ce qui se fait en France ; cependant, il répond à l'objection de M. Couriot au sujet de la scie diamantée et du fil hélicoïdal, qui, en raison de leur prix sont restés cantonnés dans l'extraction des matériaux de prix. Au sujet de la perforatrice à trépied, employée d'une manière absolument générale aux États-Unis, il cite un essai fait aux mines de Bully-Grenay, il y a un ou deux ans, et qui a donné complète satisfaction.

En ce qui concerne la région d'Angers, M. de Gennes pense qu'on peut expliquer la manière d'exploiter actuelle par ce fait que la main-d'œuvre est relativement bon marché, tandis que le charbon y est cher en raison de l'éloignement de tout centre houiller. A Angers on exploite avec un déchet de 85 0/0.

M. H. Couriot demande si les perforatrices employées à la Compagnie de Bully-Grenay, pour un fonçage de puits, n'étaient pas montées sur colonnes diamétrales, ce qui supprime les trépidations dont il a parlé.

M. A. de Gennes confirme qu'à Béthune on a bien employé une perforatrice américaine à trépied. Il s'agit, en effet, d'un grand puits.

M. le Président remercie M. A. de Gennes de sa communication qui a vivement intéressé nos Collègues ; la discussion qui l'a suivie en a été la preuve.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. E.-L.-M. Delmas, F. Gros, G. Mahoux, E. Milon, M.-L.-J. Pairier, J.-A. Ruffin, comme Membres Sociétaires et de

M. H. de Bloch, comme Membre Associé.

MM. A.-R. Houdry, P.-Ch. Iweins, G.-P.-E. Lelarge, H.-L. Leroy, P.-B. Loyeau, E.-E. Saladin, N. Vassilieff sont reçus Membres Sociétaires, et

M. L.-J. Balsan, Membre Associé.

La séance est levée à onze heures.

Le Secrétaire :

H. Laurain.

DÉFINITION DES PHÉNOMÈNES

APPLICATION DE LA MÉCANIQUE DES SYSTÈMES MATÉRIELS

(Communication du mois de mai 1896)

PAR

M. A. GOUILLY

§ I. — La matière.

1. — La matière. — La matière est caractérisée par le fait qu'elle impressionne nos sens. On distingue la matière pondérable, qui obéit à la loi de la pesanteur universelle, aux lois des forces moléculaires et des forces atomiques ; et la matière impondérable, que l'on nomme éther, qui se révèle comme agent de la lumière, de la chaleur, de l'électricité et du magnétisme. Dans ces leçons (1), il ne sera pas question du rôle de l'éther dans la nature. En particulier, les phénomènes mécaniques y sont toujours soumis à l'hypothèse de l'action à distance. Mais il ne faut pas oublier que depuis les travaux de Fresnel sur la lumière et ceux de Maxwell sur l'électricité et le magnétisme, l'hypothèse de l'éther est une des plus solides de la philosophie naturelle.

Les *atomes* sont les plus petites quantités *de la matière* pondérable qui entrent en combinaison.

Les *molécules* sont les plus petites quantités de la matière pondérable, combinaisons d'atomes, qui peuvent exister à l'état libre. Les systèmes matériels, ou les corps, sont des groupes de molécules.

2. — C'est de molécules qu'il sera question dès qu'il ne suffira pas de considérer la matière en général, c'est-à-dire indépendamment de toute grandeur géométrique. Le *point matériel*, c'est la masse, abstraction faite de dimensions géométriques; et la base de la mécanique est dans l'application que l'on fait des principes généraux au point matériel. Les formules obtenues pour le point matériel s'appliquent à la molécule ; mais celles

(1) Les matières de cette communication font partie du sujet de leçons professées à l'École Centrale en 1902.

qui sont obtenues pour de petites masses composées de molécules ne peuvent s'appliquer, généralement, au point matériel ni à la molécule (9,29).

3. — Inertie et activité de la matière. — Le mot *inertie* a plusieurs acceptions qu'il importe de préciser.

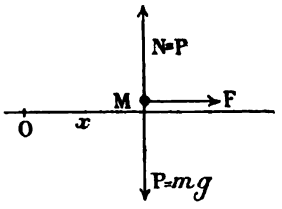
Le principe de l'inertie de la matière peut s'énoncer ainsi : *Une molécule isolée ne peut être qu'en repos ou en mouvement rectiligne et uniforme ;* en d'autres termes, la matière ne peut, d'elle-même, modifier son état de repos ou de mouvement. Ce principe ne signifie pas que la matière est inactive ; au contraire, elle agit sur la matière environnante. Chaque fois que le repos ou le mouvement d'une molécule est modifié, c'est que de la matière environnante agit sur cette molécule et produit ce que l'on nomme des forces. *On énonce un principe en disant : la matière est active, aussi bien qu'en disant : elle est inerte.* La force ne peut être considérée indépendamment de la matière, et, réciproquement, toute matière exerce une action sur celle qui l'environne. Les deux mots force et matière sont inséparables, et la conservation de la matière est aussi celle de la force.

4. — Le mot inertie est accolé au mot force pour désigner la force égale et contraire analytiquement à la résultante des forces qui produisent le mouvement d'un point matériel. Soit m la masse de celui-ci ; les composantes de la force d'inertie sont

$$-m\frac{d^2x}{dt^2} \qquad -m\frac{d^2y}{dt^2} \qquad -m\frac{d^2z}{dt^2}.$$

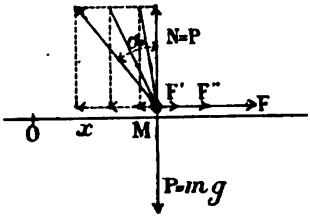
On dit encore qu'une machine a de l'inertie pour dire qu'elle a de la masse ou pour dire qu'elle a des frottements.

5. — I. L'important est de penser que *rien ne s'oppose au mouvement d'une molécule isolée sous l'influence de forces non équilibrées.* Un point matériel pesant M de masse m placé sur un plan horizontal et poli, se met en mouvement dès qu'une force oblique au plan lui est appliquée. Soient F une force parallèle au plan, x la distance du point M à une origine o prise sur la direction de la force, on a



$$m\frac{d^2x}{dt^2} = \mathrm{F}.$$

Si le plan n'est pas poli, entre celui-ci et le point matériel se développe une force de frottement en sens inverse du mouvement que tend à produire une force F, supposée parallèle au plan, pour fixer les idées. La force de frottement est égale et contraire à F tant que celle-ci ne dépasse pas une certaine limite. La réaction du plan, qui est la composante de la pression normale N = P et de la force de frottement, s'incline vers le plan en même temps que F croît. L'angle qu'elle fait avec la normale au plan atteint un maximum α que l'on nomme l'angle de frottement correspondant à la matière du point matériel et à celle qui est limitée par le plan. La force de frottement maximum est donc P tang α ; dès que F > P tang α, le point se met en mouvement et l'équation du mouvement est



$$F - mg \operatorname{tg} \alpha = m \frac{d^2x}{dt^2}.$$

II. *Distinction des forces émanant de la matière pondérable.* — C'est ainsi qu'il faut comprendre le principe de l'inertie : aucune force n'a d'inertie à vaincre pour produire l'effet qu'elle doit produire, et l'inertie est une propriété négative. Mais les atomes exercent mutuellement des *forces d' ffinité*, étudiées en chimie ; les molécules exercent mutuellement des *forces moléculaires* à des distances de l'ordre de grandeur des distances moléculaires et des forces à des distances finies. Ces deux dernières espèces de forces sont plus spécialement du domaine de la physique et de la mécanique. Cette spécialisation tendra certainement à disparaître.

Dans l'étude de l'état mécanique d'un système, on considère des *forces extérieures*, c'est-à-dire provenant de molécules ne faisant pas partie du système. Ces forces extérieures peuvent être de celles qui s'exercent à des distances finies et de celles qui sont moléculaires ; celles-ci produisent les actions à la surface limitant le système. On considère encore des *forces intérieures*, qui sont des forces mutuelles moléculaires, car on néglige, en général, les forces qui se transmettent à distances finies, de molécule à molécule du système. Ainsi, dans l'étude d'une machine, on tient compte de la pesanteur, mais on ne tient pas compte des forces mutuelles dues à la gravitation universelle entre les molécules de la machine (63 II).

§ II. — Définition d'un système matériel au repos sous l'action de pressions extérieures.

6. — DÉFINITION DE LA PRESSION SUR UN ÉLÉMENT SUPERFICIEL CONSIDÉRÉ A L'INTÉRIEUR D'UN SYSTÈME PONDÉRABLE. — Dans l'ignorance où l'on est de la répartition des molécules dans les corps et des lois des forces mutuelles qu'elles exercent entre elles, il est nécessaire de recourir à des *forces de définition*, véritables concepts mathématiques destinés à disparaître devant d'autres qui exprimeraient mieux la nature. Ainsi, le poids d'un corps, son centre de gravité sont des objets de définition.

Pour définir une pression sur un élément superficiel plan, on suppose : 1° que la matière est continue ; 2° qu'aux divers points (géométriques) de l'élément correspondant des forces dont les intensités et les directions sont fonction des coordonnées de ces points. Le vecteur représentant une de ses forces se décompose en un perpendiculaire à l'élément et en un dans le plan auquel on donne le nom de composante tangentielle. La résultante P des composantes normales des vecteurs correspondant aux points d'un élément de surface d'aire Ω est dite pression normale totale sur Ω. La pression normale moyenne est $\frac{P}{\Omega}$. La pression normale unitaire en un pointest $p = \frac{dP}{d\Omega}$, où $d\Omega$ est un élément différentiel autour du point considéré et dP la résultante normale des vecteurs correspondant aux points de cet élément.

De même on définirait la pression tangentielle unitaire en un point par $t = \frac{dT}{d\Omega}$, où dT est la résultante tangentielle des vecteurs correspondant aux points de l'élément $d\Omega$.

7. — Il est possible de reculer le moment de faire des hypothèses purement mathématiques et de saisir le passage de la mécanique à l'analyse. D'un côté d'une aire plane Ω considérée à l'intérieur d'un système matériel, sont des molécules a, de l'autre sont des molécules b; elles agissent les unes sur les autres quand elles sont à des distances moindres que celles où cesse l'action moléculaire. Soit f le vecteur qui représente l'action d'une molécule a sur une molécule b. Les vecteurs f ont mêmes sommes de projections et même somme de moments que leur

résultante R de translation au centre de gravité de l'aire Ω et le couple correspondant M ; ou, en d'autres termes, les vecteurs f sont équivalents à R et M.

Le vecteur R se décompose en deux, l'un P normal au plan de l'aire, l'autre T dans son plan. On a deux forces de définition, l'une P qui est la pression normale, l'autre T qui est la pression tangentielle, appliquées au centre de gravité de Ω.

La pression unitaire en un point ne peut être définie sans nouvelle hypothèse ; on conçoit seulement que l'on puisse prendre des pressions moyennes sur de petites étendues superficielles $\Delta\Omega$, où l'on a $\frac{\Delta P}{\Delta\Omega}$, $\frac{\Delta T}{\Delta\Omega}$. Afin de pouvoir appliquer les règles du calcul infinitésimal, tant que les résultats ainsi obtenus concordent suffisamment avec les mesures directes, on remplace le signe Δ par le signe d et l'on pose $p = \frac{dP}{d\Omega}$, $t = \frac{dT}{d\Omega}$; mais on est prévenu qu'il ne faut pas étendre sans précautions les propriétés des infiniment petits de l'analyse aux quantités petites de la nature (1).

Le couple ΔM sur l'élément ΔΩ est composé de forces de l'ordre de grandeur de ΔP et ΔT, appliquées à un bras de levier de l'ordre de grandeur des dimensions linéaires de ΔΩ. ΔM est donc petit par rapport à ΔP et ΔT ; on pourra généralement le négliger.

8. — LES TROIS ÉTATS DES CORPS. — Les *solides* sont les corps dans lesquels la pression totale — résultante de R et T — peut être oblique à l'élément considéré ; c'est-à-dire que sur chaque élément superficiel considéré à l'intérieur d'un solide il y a en général une pression normale p et une composante tangentielle t. La pression p peut correspondre à une compression, c'est-à-dire être dirigée de l'extérieur vers l'intérieur de la surface qui limiterait une portion du solide ; elle peut aussi correspondre à une extension, dans ce cas elle est dirigée de l'intérieur vers l'extérieur de la masse considérée.

Les variations des forces extérieures appliquées à un solide donnent lieu à des variations des forces p et t dont l'étude ainsi

(1) Pour les gaz, on donne une explication de la pression basée sur cette idée qu'ils sont composés de molécules possédant des vitesses de translation considérables, et que la pression est le fait du choc des molécules sur les parois solides. C'est la base de la *théorie cinétique des gaz*.

que celle des déformations correspondantes sont l'objetde l'Élasticité et de la Résistance des matériaux.

Les *fluides* sont des corps dont les molécules ont une mobilité relative parfaite. La pression totale en chaque point est normale à tout élément superficiel, ou encore, la force tangentielle est nulle. Les molécules, en outre, se séparent avec la plus grande facilité, c'est-à-dire que la pression totale est une compression. Une compression sera, dans la suite, considérée comme essentiellement positive.

On distingue les fluides incompressibles, les *liquides*, et les fluides parfaitement élastiques, les gaz.

9. — Évidemment ce sont là des corps hypothétiques, des corps de définition, comme les pressions sont des forces de définition. Ainsi les liquides subissent une contraction pour une compression énergique ; mais elle est négligeable pour une première étude et dans l'art de l'ingénieur on n'a pas à en tenir compte en général. De plus, on considère que la force tangentielle n'est pas rigoureusement nulle dans les fluides et l'ingénieur est obligé d'en tenir compte en hydraulique.

Dans l'étude de l'équilibre ou du mouvement d'une masse considérée dans un solide ou dans un fluide, il y a deux sortes de forces à considérer : 1° les forces de pression qui émanent de molécules voisines situées à l'extérieur de la surface limitant cette masse ; elles sont fonction de distances n'excédant pas celle où l'action moléculaire est nulle ; et 2° les forces qui proviennent de molécules situées à distances finies de la petite masse considérée et qui sont fonction de ces distances finies.

On conçoit que les formules qui régissent l'équilibre ou le mouvement d'une petite masse ne peuvent s'appliquer au point matériel ou à la molécule sur lesquels il n'y a pas lieu de considérer de pression. Les formules établies pour le point matériel s'appliquent au contraire à la molécule.

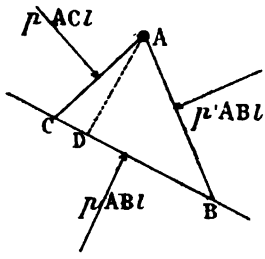
10. — Un raisonnement analogue à celui du n° 6 — qui a servi à définir la pression — conduit à remplacer les forces extérieures, autres que les pressions, c'est-à-dire celles qui s'exercent à distances finies sur les molécules d'une petite masse considérée, par un vecteur appliqué au centre de gravité du volume qui limite cette masse, et par un couple qui peut être négligé. Si l'hypothèse de la continuité devait être abandonnée, il serait

peut-être avantageux de considérer le centre des distances proportionnelles des masses.

Soient dv le volume occupé par une petite masse dm, ρ la densité, définie par $\rho = \frac{dm}{dv}$. On peut représenter par ρdvX, ρdvY, ρdvZ, les composantes, parallèles à trois axes de coordonnées, de la résultante des vecteurs des forces extérieures transportées au centre de gravité du volume qui limite la masse.

11. — Équilibre des fluides. — L'étude de l'équilibre des fluides offre une application des définitions de corps, de forces et de l'hypothèse analytique de la continuité de la matière.

Dans un fluide en équilibre la pression par unité de surface est la même dans toutes les directions autour d'un point. Soit A, ce point. On peut isoler dans la masse fluide un petit prisme droit, dont la section droite est CAB, la hauteur AD, la longueur l. Les forces extérieures, autres que les pressions, agissant sur les molécules enfermées dans ce prisme sont proportionnelles au volume, elles sont très petites, du troisième ordre de petitesse, et par conséquent négligeables par rapport aux pressions s'exerçant sur les surfaces qui sont du deuxième ordre de petitesse. En considérant comme infiniment petites les dimensions du prisme, on dirait que les forces extérieures sont du troisième ordre infinitésimal et que les pressions sont du deuxième.



Le prisme étant en équilibre, il suffit pour la démonstration d'écrire que la somme des projections des pressions sur CB est nulle.

$$p.\mathrm{AC}.l.\ \sin \mathrm{C} = p'.\mathrm{AB}.l.\ \sin \mathrm{B},$$

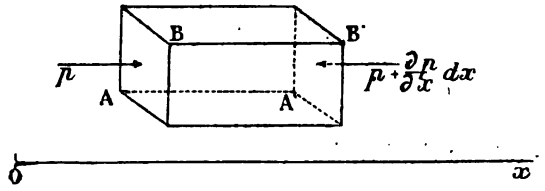
or,
$$\mathrm{AC}.\ \sin \mathrm{C} = \mathrm{AB}.\ \sin \mathrm{B} = \mathrm{AD},$$

donc
$$p = p'.$$

12. — *Équilibre du parallélipipède fluide.* Soit considéré, dans la masse fluide en équilibre, un parallélipipède dont les dimensions dx, dy, dz sont parallèles à un système d'axes rectangulaires. Au point A (x, y, z) la pression est p, quel que soit l'élément passant par ce point. $p\,dy\,dz$ est la pression totale sur

la face AB ; elle est appliquée au centre de gravité de l'aire de cette face et normalement.

Par hypothèse la pression est fonction d'x, y, z ; il en résulte que



sur la face A′ B′, distante de dx de la face AB, la pression unitaire est $p + \frac{\partial p}{\partial x} dx$, et que la pression totale y est $(p + \frac{\partial p}{\partial x} dx)\, dy.dz$. On évaluerait de même les pressions sur les autres faces. Elles sont dirigées de l'extérieur vers l'intérieur du parallélipipède et passent toutes par le centre de gravité de ce volume.

D'après 10 les forces provenant de points à distances finies se projettent sur l'axe des x suivant $\rho X\, dx\, dy\, dz$, puisque $dv = dx\, dy\, dz$ et sont appliquées au centre de gravité du parallélipipède.

La masse est donc en équilibre sous l'action de forces dont les vecteurs sont équivalents à des vecteurs passant par son centre de figure. Il suffit d'écrire que les sommes de projections de ces derniers sur trois axes sont nuls. Sur l'axe des x, on a

$$p\, dy\, dz - (p + \frac{\partial p}{\partial x} dx)\, dy\, dz + \rho X\, dx\, dy\, dz = 0,$$

ou
$$\rho X = \frac{\partial p}{\partial x}.$$

En projetant sur les autres axes, on a

$$\rho Y = \frac{\partial p}{\partial y} \qquad \rho Z = \frac{\partial p}{\partial z}.$$

Ces trois équations peuvent être exprimées par une seule ; la différentielle totale de p est

$$dp = \frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz.$$

d'où
$$dp = \rho\, (X\, dx + Y\, dy + Z\, dz).$$

Or, dx, dy, dz sont arbitraires ; en annulant successivement deux de ces différentielles, on retombe sur les premières équations.

13. — ***Principe de Pascal.*** — ***Dans un fluide en équilibre qui n'est soumis à aucune force s'exerçant à distance finie, la pression est constante dans toute la masse.*** En effet, dans ce cas $X = 0$, $Y = 0$, $Z = 0$; d'où $dp = 0$. La pression est donc indépendante de x, y, z.

Là est le principe de la presse hydraulique, parce que dans cet appareil on peut négliger le poids du liquide devant les pressions.

14. — $\frac{dp}{\rho}$ ***est une différentielle exacte*** si

$$\frac{\partial X}{\partial y} = \frac{\partial Y}{\partial x} \qquad \frac{\partial Y}{\partial z} = \frac{\partial Z}{\partial y} \qquad \frac{\partial Z}{\partial x} = \frac{\partial X}{\partial z}.$$

S'il en est ainsi, il y a dans l'étendue du fluide considéré des surfaces où la pression est constante. On les nomme ***surfaces de niveau***; leur équation différentielle est $dp = 0$, ou, puisque ρ ne peut être nul, $X\,dx + Y\,dy + Z\,dz = 0$.

15. — ***Dans un fluide en équilibre la résultante en un point des forces qui s'exercent à distance finie est normale à la surface de niveau passant par ce point.*** Soient F la résultante des vecteurs X, Y, Z et ds la résultante de dx, dy, dz. Si les points x, y, z et $x + dx$, $y + dy$, $z + dz$ sont sur une même surface de niveau, on a

$$X\,dx + Y\,dy + Z\,dz = 0,$$

d'où

$$\frac{X}{F} \cdot \frac{dx}{ds} + \frac{Y}{F} \cdot \frac{dy}{ds} + \frac{Z}{F} \cdot \frac{dz}{ds} = 0.$$

C'est-à-dire

$$\cos \widehat{F, ds} = 0.$$

16. — ***Les couches de niveau sont d'égale densité.*** Si l'on résout l'équation générale des surfaces de niveau par rapport à la constante d'intégration C, on peut écrire

$$X\,dx + Y\,dy + Z\,dz = dC,$$

dC est nul pour une surface de niveau, c'est-à-dire si ds, résultante de dx, dy, dz, est dans une surface de niveau; et dC est constant quand on passe d'un point quelconque x, y, z d'une surface de niveau, au point voisin $x + dx$, $y + dy$, $z + dz$ d'une surface voisine. Ces deux surfaces déterminent une couche de niveau. Or, $dp = \rho\,dC$; et comme dp et dC sont constants en passant d'une surface à une voisine, $\rho = \frac{dC}{dp}$ est constant pour la couche qu'elles déterminent.

17. — Équations caractéristiques. Gaz parfaits. — L'état physique d'un corps est bien défini si l'on connaît la pression qui s'exerce à sa surface et la température en chacun des points. On désigne sous le nom *d'équation caractéristique* de l'état d'un corps, l'équation $\varphi(t, p, v) = 0$ qui lie le volume spécifique v ou volume de l'unité de poids, la température t et la pression p. Le corps est supposé homogène, c'est-à-dire que le volume spécifique est supposé le même dans toute l'étendue qu'il occupe. La température est supposée la même dans toute la masse. Enfin, la pression est supposée normale et la même sur toute la surface du corps par unité d'aire.

ϖ désignant le poids spécifique ou poids de l'unité de volume, on a la relation $\varpi . v = 1$.

Pour les solides et pour les liquides on peut supposer que le volume spécifique est indépendant de la pression. Sous le nom de *Gaz parfaits*, on désigne des fluides expansibles satisfaisant exactement aux lois suivantes :

1° *Loi de Mariotte :* Les volumes d'une même masse gazeuse, à température constante, sont en raison inverse de la pression ;

2° *Loi de Gay-Lussac :* Tous les gaz ont le même coefficient de dilatation, $\alpha = \frac{1}{273}$;

3° *Loi de Regnault :* Les chaleurs spécifiques des gaz sont indépendantes de la température et de la pression.

L'équation caractéristique des gaz parfaits est $pv = p_0 v_0 (1 + \alpha t)$, qui tient compte de la loi de Mariotte et de celle de Gay-Lussac.

En désignant par T le binôme $\frac{1}{\alpha} + t = 273 + t$, et par R le produit $\alpha p_0 v_0$, l'équation caractéristique peut être écrite $pv = RT$.

En général, les gaz naturels diffèrent des gaz parfaits ; l'hydrogène, l'air atmosphérique s'en écartent peu ; l'acide carbonique vers 15° pour $\frac{v_0}{v_1} = 20$ donne $\frac{p_0}{p_1} = \frac{1}{17}$ environ. Cependant les gaz se rapprochent de l'*état parfait* quand on les considère loin de leur point de liquéfaction. L'acide carbonique s'en rapproche vers 100°.

T désigne ce que l'on nomme la température absolue. Ce mot n'a qu'un sens très relatif, parce que la température est définie comme proportionnelle aux variations de volume produites par la chaleur. On pourrait prendre une définition tout autre ; par

exemple, on pourrait la considérer comme proportionnelle aux variations de la quantité de chaleur contenue dans un corps. D'ailleurs, le coefficient de dilatation n'est pas rigoureusement constant.

Soient C la chaleur spécifique à pression constante, c la chaleur spécifique à volume constant. Entre ces deux paramètres, pour les gaz parfaits, on a la relation $\frac{C}{c} = 1{,}41$.

Pour l'air :

$$R = \varkappa p_0 v_0 = \frac{10\,334}{273 \times 1{,}293} = 29{,}28$$

$$pv = 29{,}28\,T$$

$$C = 0{,}237 \qquad c = 0{,}168.$$

18. — Lois fondamentales des combinaisons chimiques. — Une molécule est soumise à des forces s'exerçant à distance finie et à des forces qui émanent de molécules voisines situées dans une sphère d'attraction moléculaire dont cette molécule est le centre. Il reste à parler des forces dites d'affinité qui réunissent les atomes dont se composent les molécules, qui sont en jeu dans les systèmes hétérogènes. Ces forces sont régies par les lois de la chimie. Voici celles qui sont à la base de cette science :

Loi de Proust ou loi des proportions définies : Les corps simples s'unissent dans des rapports de poids constants pour former des combinaisons définies;

Loi de Richter ou loi de proportionnalité : Les poids des corps qui s'unissent à un autre sont, à un multiplicateur simple près, ceux suivant lesquels ils s'unissent entre eux;

Loi de Dalton ou loi des proportions multiples : Si un corps peut se combiner en plusieurs proportions avec un autre, les rapports de ces proportions sont rationnels et souvent simples;

Loi de Gay-Lussac : Les gaz se combinent entre eux dans des rapports simples de volume, et le volume du composé est dans un rapport simple avec le volume des composants.

Valeur des composants.	Valeur du composé.	Rapport.
1 vol. H, 1 vol. Cl.	2	1
2 — H, 1 — O.	2	2/3
3 — H, 1 — Az.	2	1/2

19. — *Loi d'Avogadro et d'Ampère :* L'unité de volume de tous les gaz, à la même température et à la même pression, contient le même nombre de molécules.

Les poids des molécules des gaz sont donc proportionnels aux poids spécifiques, dans les mêmes conditions de température et de pression. Cette loi peut encore s'énoncer ainsi : à une même température et à une même pression, les molécules gazeuses ont le même volume. Ce volume ne peut être déterminé pour une molécule ; on prend le volume pour un même nombre de molécules de tous les corps en considérant leur *molécule-gramme*, c'est-à-dire leur poids moléculaire chimique évalué en grammes.

Le poids atomique de l'hydrogène étant représenté par H et pris égal à l'unité, 1 *g*, la molécule de ce gaz est représentée par H^2 et son poids moléculaire est 2 *g*. D'après cela, le volume à 0° et 76 *mm* de mercure, de la molécule-gramme d'hydrogène est, à Paris,

$$\frac{H^2}{\varpi_0 \delta} = \frac{2}{1{,}2932 \times 0{,}06926} = 22{,}32\, l,$$

ϖ_0 désigne le poids du litre d'air en grammes à 0° et 76 *mm*, à Paris, δ est la densité tabulaire de l'hydrogène.

22,32 *l* est le volume de la molécule-gramme pour tous les gaz. Si donc p_m est le poids moléculaire d'un corps, δ sa densité à l'état de vapeur, on a

$$\frac{p_m}{\varpi_0 \delta} = 22{,}32\ l,$$

d'où $$p_m = \delta(\varpi_0 \times 22{,}32) = 28{,}88\,\delta.$$

La densité tabulaire de la vapeur d'eau est 0,622, son poids moléculaire est 17,96, soit 18.

20. — *Loi de Petit et Dulong :* Les chaleurs spécifiques des atomes des corps simples solides sont inversement proportionnelles à leurs poids atomiques. En d'autres termes : les corps simples à l'état solide ont la même chaleur atomique.

Soient p_a le poids atomique d'un corps simple, c_s la chaleur spécifique à l'état solide, on a $p_a c_s = 6{,}66$. Pour les corps gazeux, la constante est 3,44, cela tient peut-être à ce que les déterminations des chaleurs spécifiques ne se font pas dans des conditions comparables pour les deux états.

§ III. — Des systèmes matériels en équilibre ou en mouvement dans un champ de force.

21. — Champ de force. — Un champ de force est une région de l'espace telle que si l'on y place une molécule, celle-ci est soumise à une force dont l'intensité et la direction sont fonction des coordonnées de cette molécule. Un champ de force existe, s'il y a une fonction d'x, y, z, telle que ses dérivées partielles par rapport à x, y, z, représentent les composantes parallèles aux axes de la force que reçoit dans le champ un point matériel de masse égale à l'unité. Laplace donne à cette fonction le nom de *fonction potentielle;* on lui donne aussi le nom de *fonction de force.*

Soit V cette fonction, on a donc, par définition, en désignant par X, Y, Z, les composantes parallèles aux axes de la force que reçoit le point matériel de masse *un* de coordonnées x, y, z :

$$X = \frac{dV}{dx}, \qquad Y = \frac{dV}{dy}, \qquad Z = \frac{dV}{dz}. \qquad [1]$$

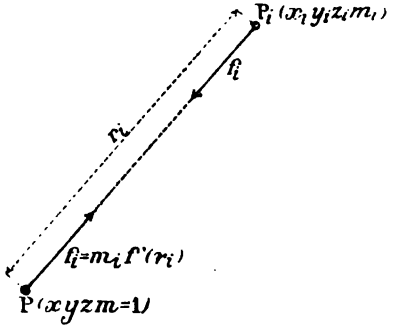
Une telle fonction existe si

$$\frac{\partial X}{\partial y} = \frac{\partial Y}{\partial x}, \quad \frac{\partial Y}{\partial z} = \frac{\partial Z}{\partial y}, \quad \frac{\partial Z}{\partial x} = \frac{\partial X}{\partial z}.$$

L'équation $\qquad dV = X dx + Y dy + Z dz$

tient lieu des trois équations [1] parce que dx, dy, dz sont arbitraires.

La résultante des X, Y, Z est *l'intensité du champ* de force au point x, y, z.



22. — Les forces qui sont proportionnelles aux masses entre lesquelles elles s'exercent et sont fonction de la distance donnent lieu à des champs de force. Soient... m_i... les masses de points matériels répartis dans l'espace. La masse m_i exerce sur une masse *un* placée en P(x, y, z) une force f_i de la forme $m_i f'_i(r_i)$, que l'on peut sup-

poser attractive. La composante X de la résultante des forces f' appliquée à $m = 1$ est

$$X = \sum_{i=1}^{i=n} m_i f'_i(r_i) \frac{x_i - x}{r_i}.$$

La fonction potentielle est

$$V = - \sum_{i=1}^{i=n} m_i f_i(r_i),$$

car $$r_i^2 = (x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2,$$

$$r_i \frac{\partial r_i}{\partial x} = - (x_i - x)$$

et $$\frac{\partial V}{\partial x} = - \sum_{i=1}^{i=n} m_i f'_i(r_i) \frac{\partial r_i}{\partial x} = \sum_{i=1}^{i=n} m_i f'_i(r_i) \frac{x_i - x}{r_i},$$

c'est-à-dire $$\frac{\partial V}{\partial x} = X.$$

On aurait de même :

$$\frac{\partial V}{\partial y} = Y, \qquad \frac{\partial V}{\partial z} = Z.$$

Les relations entre les dérivées partielles secondes sont vérifiées. Ainsi :

$$\frac{d^2V}{dxdy} = - \sum_{i=1}^{i=n} m_i f''_i(r_i) \frac{\partial r_i}{\partial y} \frac{\partial r_i}{\partial x}$$

et est égale à $$\frac{d^2V}{dy\,dx}.$$

23. — Une *surface équipotentielle* est le lieu des points de l'espace pour lesquels la fonction potentielle est constante. — L'équation différentielle des surfaces équipotentielles est $dV = 0$ ou $X dx + Y dy + Z dz = 0$.

L'intensité du champ en un point x, y, z *est normale à la surface de niveau qui y passe.* En effet

$$dV = \frac{\partial V}{\partial x} dx + \frac{\partial V}{\partial y} dy + \frac{\partial V}{\partial z} dz,$$

et cette différentielle totale est nulle si dx, dy, dz correspondent à un déplacement sur la surface équipotentielle qui passe en x, y, z. On a donc l'équation

$$X dx + Y dy + Z dz = 0,$$

c'est-à-dire (15)

$$F \cdot ds \cdot \cos \widehat{F,ds} = 0;$$

d'où

$$\cos \cdot \widehat{F,ds} = 0.$$

24. — *Remarques.* — I. — Il suffit de connaître la fonction potentielle à une constante près pour avoir l'intensité d'un champ, puisqu'on l'obtient par les dérivés partielles de la fonction.

II. — Si l'on prend pour axes en un point d'une surface équipotentielle la normale et deux autres axes dans le plan tangent en ce point, et si dn désigne la longueur de la normale comprise entre cette surface $V = C$ et la surface voisine $V_1 = C + dC$, la valeur F du champ en ce point est

$$F = \frac{dV}{dn} = \frac{dC}{dn},$$

c'est-à-dire que la force est dirigée vers la région où la fonction potentielle croît et qu'elle est en raison inverse de la distance des surfaces voisines.

III. — On donne le nom de *lignes de force* à l'enveloppe des vecteurs représentant les valeurs du champ quand, partant d'un point, on traverse successivement les surfaces équipotentielles en suivant les éléments de leurs normales successives.

Les lignes de force d'un champ sont les trajectoires orthogonales des surfaces équipotentielles.

IV. — Les forces qui s'exercent à des distances de l'ordre des distances moléculaires ou très petites dépendent d'une fonction potentielle; mais ne donnent que des champs de faible étendue et dont on ne connaît pas, d'ailleurs, la fonction potentielle.

V. — L'action d'un champ de force sur une masse m placée en x, y, z est

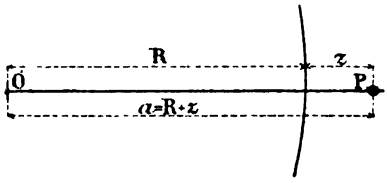
$$m\frac{\partial V}{\partial x}, \qquad m\frac{\partial V}{\partial y}, \qquad m\frac{\partial V}{\partial z}.$$

25. — **Champ de la pesanteur terrestre.** — *Potentiel Newtonien.* — La fonction potentielle de Newton est celle des forces proportionnelles aux masses et inversement proportionnelles aux carrés des distances. — Au n° 22 remplaçons $m_i f'_i(r_i)$ par $\varphi\frac{m_i}{r_i^2}$, où φ est un coefficient représentant l'attraction de deux masses égales à *un* situées à l'unité de distance,

$$V = \varphi \sum \frac{m}{r}.$$

Champ de la pesanteur terrestre. — La fonction potentielle d'une couche homogène sphérique de masse M sur une masse *un* extérieure, et à distance a du centre, est $\varphi\frac{M}{a}$. C'est la fonction potentielle du champ de la pesanteur terrestre sur un point extérieur au globe, à une distance a du centre, si M est la masse de la terre.

En un point P, l'attraction est $\frac{dV}{da} = -\varphi\frac{M}{a^2}$. Or on a mesuré



l'accélération g due à l'attraction terrestre. C'est la force accélératrice de la pesanteur, la force par unité de masse. On a donc

$$-\varphi\frac{M}{a^2} = g, \qquad \text{et } V = \varphi\frac{M}{a} = -ag.$$

Si on rapporte l'origine des coordonnées au sol, on a $a = R + z$, où z est l'altitude du point matériel attiré, et $V = -(R + z)g$. Or, la fonction potentielle n'a besoin d'être connue qu'à une constante près; on peut donc définir le champ de la pesanteur terrestre par $V = -gz$.

La mesure de g est effectuée pour un lieu déterminé et à une altitude également déterminée. Pour un lieu déterminé on suppose généralement que g varie peu avec l'altitude, c'est-à-dire que le champ de la pesanteur terrestre est uniforme. Ses surfaces équipotentielles sont des plans horizontaux; ses lignes de force sont des verticales.

26. — **Systèmes matériels en équilibre dans un champ de force.** — Une molécule d'un système matériel en équilibre dans un champ de force est en équilibre sous l'action du champ et des forces moléculaires avoisinantes; il suffira d'écrire que sur chaque molécule la résultante de la force du champ et des forces moléculaires est nulle (**24**, IV). C'est ainsi qu'ont été établies les équations de l'équilibre des fluides (**12**); X, Y, Z sont les composantes de l'intensité du champ au centre de gravité du parallélipipède, et p tient compte des forces moléculaires, provenant des molécules voisines.

Les surfaces de niveau des fluides en équilibre sont des surfaces équipotentielles. — En effet, l'équation différentielle des surfaces de niveau est $Xdx + Ydy + Zdz = 0$. Si le fluide est dans un champ dont la fonction potentielle est V, on a

$$X = \frac{\partial V}{\partial x}, \qquad Y = \frac{\partial V}{\partial y}, \qquad Z = \frac{\partial V}{\partial z},$$

on a donc $$\frac{\partial V}{\partial x}dx + \frac{\partial V}{\partial y}dy + \frac{\partial V}{\partial z}dz = 0,$$

c'est-à-dire $dV = 0$,

Dans le cas de *fluides pesants* et l'axe des z étant la verticale, l'origine au sol, on a $X = 0$, $Y = 0$, $Z = -g$. Les équations de l'équilibre se réduisent à

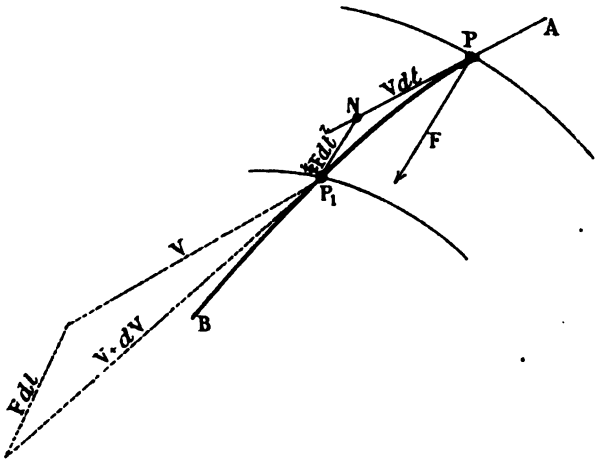
$$\frac{\partial p}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial p}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g = -\varpi,$$

en représentant par ϖ le poids spécifique du fluide au point x, y, z.

Pour les *liquides pesants* ϖ est constant et la loi de variation de la pression hydrostatique est exprimée par $p_1 - p_0 = \varpi(z_0 - z_1)$. La pression unitraire dans les liquides pesants en équilibre s'accroît avec la profondeur du poids d'une colonne de liquide ayant pour base l'unité de surface et pour hauteur la différence des hauteurs des points où l'on considère la pression.

Pour les gaz pesants ϖ varie avec la pression; en supposant que la température est constante, on peut écrire $\varpi = kp$ (**17**), d'où $dp = -kpdz$ et $\frac{dp}{p} = -kdz$. On a donc $k(z_0 - z_1) = \log_n \frac{p_1}{p_0}$. Telle est la loi de variation de la pression dans un gaz pesant avec la hauteur. C'est cette formule que l'on utilise pour le *nivellement barométrique*.

27. — MOUVEMENT DANS UN CHAMP DE FORCE. — *Tracé de la trajectoire d'une molécule isolée.* — Soit P la position d'une molécule à l'époque t et V sa vitesse au même temps. Soit $PN = V dt$. Si on porte à partir de N sur une parallèle à l'intensité F du champ en P, une longueur $NP_1 = \frac{1}{2} F dt^2$, — P_1 est la position de la molécule à l'époque $t + dt$ — En P_1 passe une surface équipoten-



tielle où l'intensité du champ est F_1; on peut tracer une nouvelle position du mobile, car la vitesse en P_1 est la résultante de V et de $F dt$. De proche en proche, on peut donc construire les éléments de la trajectoire.

28. — *Système matériel en mouvement dans un champ de force.* — Si on considère un système matériel en mouvement dans un champ de force, il faut attribuer à chaque molécule sa trajectoire spéciale, résultant de l'action du champ, de celle des forces s'exerçant à des distances finies entre les molécules du système — forces que l'on néglige généralement (**5** II, **63** II), — et de celle des forces moléculaires provenant des molécules voisines. Il y aurait lieu de remplacer ces forces moléculaires dans l'état de mouvement par des forces de définition, ainsi que cela a été fait pour remplacer les forces moléculaires par des pressions dans le cas de systèmes en équilibre.

En général, les forces moléculaires sont remplacées par des pressions définies au n° **7**; mais il faudra s'assurer que cette substitution est possible, car il faut observer que les molécules

subissent des déplacements relatifs ; il faudra tenir compte des effets du choc sur des corps extérieurs, du frottement, des trajectoires matérielles, même polies, de toutes les circonstances, en un mot, qui font que l'action d'un champ n'est plus la même sur les molécules d'un système matériel que sur des molécules isolées. Ce n'est qu'à l'aide de restrictions et d'hypothèses que l'on parvient à simplifier chaque cas.

Quoi qu'il en soit, en général, le théorème des forces vives ne peut pas toujours s'appliquer *a priori* à un système matériel en mouvement, parce que l'on ne connaît pas les forces moléculaires ni les déplacements relatifs des molécules. Le théorème du mouvement du centre de gravité, celui des quantités de mouvement projetées, celui des moments des quantités de mouvement, sont toujours applicables, parce que les forces mutuelles sont deux à deux égales et directement opposées ; elles n'interviennent pas lorsque l'on cherche la résultante des vecteurs de toutes les forces en les appliquant en un même point, ou lorsque l'on fait la somme des projections des vecteurs de toutes les forces sur un axe, ou lorsque l'on fait la somme des moments des vecteurs de toutes les forces autour d'un axe.

29. — *Équations générales du mouvement des fluides.* — Soient $m\mathrm{J}_x$, $m\mathrm{J}_y$, $m\mathrm{J}_z$ les composantes, parallèles aux axes, de la résultante des vecteurs tels que μj relatifs aux molécules transportés au centre de gravité du parallélipipède fluide (11), les équations du mouvement de ce point sont

$$\mathrm{J}_x = \mathrm{X} - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}, \qquad \mathrm{J}_y = \mathrm{Y} - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y},$$

$$\mathrm{J}_z = \mathrm{Z} - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}.$$

Si on prend pour axes la tangente s à la trajectoire du centre de gravité du parallélipipède, la normale principale n et la binormale n' ; si, de plus, l'intensité du champ est F pour la position considérée du centre de gravité du parallélipipède, les équations différentielles du mouvement sont

$$\mathrm{J}_s = \mathrm{F}_s - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial s}, \qquad \mathrm{J}_n = \mathrm{F}_n - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial n},$$

$$\mathrm{F}_{n'} - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial n'} = 0,$$

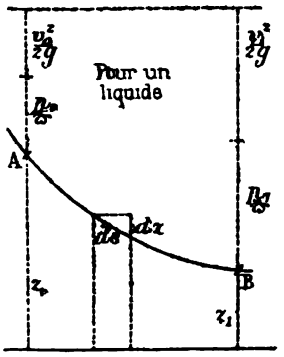
car la projection de J sur la binormale est nulle.

Ces formules ne sont vraies que dans des conditions spéciales, pour le centre de gravité du volume occupé par la masse fluide considérée. D'abord p n'a été défini que pour les fluides en équilibre ; et si dans la masse il y a des agitations, des déplacements relatifs des molécules, ces formules ne sont plus justifiées.

30. — *Équation de Bernoulli pour les fluides en mouvement permanent dans le champ de la pesanteur.* — Un fluide est en mouvement permanent lorsqu'en chaque point de sa trajectoire une molécule prend une vitesse déterminée en grandeur et en direction. L'ensemble des trajectoires des molécules enfermées primitivement dans un volume AB, est limité par une surface formant une sorte de gaine où se déplacent ces molécules. C'est ce que l'on nomme le filet fluide. Ce filet est supposé composé de molécules ayant très sensiblement les mêmes vitesses, quand elles arrivent dans une même section droite du filet; on admet donc ainsi que les molécules n'ont que de faibles déplacements relatifs et que l'aire de la section normale varie peu.

En chaque section du filet passe une même masse de fluide pendant le même temps. ρ désignant la densité et v la vitesse dans la section ω, on a $\rho\omega v = \rho'\omega'v' = \ldots\ldots$ ou $\rho\omega v = \text{const.}$ C'est l'*équation de continuité* ou de conservation de la masse dans le mouvement permanent.

Soit AB un filet fluide. Dans l'équation tangentielle, il faut remplacer F, par $-g\frac{dz}{ds}$, puisque F est $-g$ (25), et J, par $\frac{dv}{dt}$.



On a donc

$$\frac{dv}{dt} = -g\frac{dz}{ds} - \frac{1}{\rho}\frac{dp}{ds}.$$

Multiplions les deux membres par $\frac{ds}{g} = \frac{vdt}{g}$, il vient

$$\frac{vdv}{g} = -dz - \frac{dp}{\rho g}.$$

Remplaçons ρg par ϖ, poids spécifique, et intégrons de A à B.

$$\frac{v_1^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} = z_0 - z_1 + \int_1^0 \frac{dp}{\varpi}.$$

Dans le cas de liquide, ϖ est constant :

$$\frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_0^2}{2g} = z_0 - z_1 + \frac{p_0}{\varpi} - \frac{p_1}{\varpi},$$

ou encore $$z + \frac{p}{\varpi} + \frac{v^2}{2g} = \text{const.}$$

On pourrait obtenir la formule de Bernoulli en appliquant le théorème du travail pendant un temps très court à la masse fluide comprise entre deux sections quelconques A et B d'un filet. Or, dans ce théorème, il faut tenir compte des travaux des forces mutuelles dont la somme n'est pas nulle, en général, quand il y a des déplacements relatifs des molécules du système (**61, 63,** III). Il est donc nécessaire que la section du filet varie très peu avec la longueur pour que l'on puisse négliger le travail des forces mutuelles moléculaires et appliquer la formule précédente.

§ IV. — Électrostatique.

31. — FAITS D'EXPÉRIENCE SUR LESQUELS EST FONDÉE L'ÉLECTROSTATIQUE. — L'étude des phénomènes mécaniques dont la matière pondérable est le siège est basée sur : 1° l'hypothèse des actions à distance et les principes généraux qui les régissent; 2° la substitution de forces de définition aux forces s'exerçant de molécule à molécule; 3° la substitution de corps de définition aux corps naturels, et 4° l'hypothèse de la continuité de la matière qui permet d'appliquer la méthode infinitésimale à l'étude de la mécanique. Pour l'étude de l'électricité une définition nouvelle s'impose tout d'abord : celle de la quantité électrique.

Faits d'expérience. — I. L'électricité se déplace d'une vitesse considérable sur les corps dits bons conducteurs, et d'une vitesse faible, sur les mauvais conducteurs, dits encore diélectriques, isolants.

II. L'électricité se présente sous deux formes : sous l'une d'elles, on lui donne le nom d'électricité positive; sous l'autre,

on lui donne le nom d'électricité négative. Les électricités de même nom se repoussent; celles de noms contraires s'attirent. Ce fait permet de définir la quantité électrique.

III. Les quantités électriques suivent la loi de Coulomb : elles s'attirent ou se repoussent proportionnellement à leur grandeur et inversement au carré de leur distance. Cette loi donne lieu à une définition de l'unité de quantité électrique. Elle permet de trouver les dimensions de la quantité électrique.

IV. L'électricité se porte à la surface des conducteurs. Il s'agit ici de bons conducteurs; le mot conducteur est employé par opposition avec le mot diélectrique. De plus, on ne constate aucune manifestation électrique à l'intérieur du conducteur. Ce fait a pour conséquence que la surface d'un conducteur est une surface équipotentielle.

32. — EXTENSION DU VOCABULAIRE DE LA MÉCANIQUE AUX PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES. — Sans préjuger sur la nature de l'électricité, il est possible, d'après les deux premiers faits, de concevoir des charges électriques multiples les unes des autres et, par suite, de définir la quantité électrique. En effet, considérons $m + n - 1$ sphères conductrices, de même matière et de même rayon. Sur l'une on met une charge Q d'électricité. Si on rapproche $m - 1$ sphère au contact de celle-ci, on a, par symétrie, m sphères chargées d'une quantité d'électricité égale à $\frac{Q}{m} = q$. Soit B le nom de ces sphères. Si d'une sphère B on rapproche au contact les $n - 1$ sphères non chargées, on obtient n sphères chargées de $\frac{q}{n} = q_1$. Soit A le nom de ces sphères. On constate que deux des sphères A dont les centres sont placés à une distance r exercent l'une sur l'autre une répulsion f, et qu'une sphère A et une sphère B exercent l'une sur l'autre une répulsion nf, lorsque leurs centres sont à la distance r. Ainsi donc dans les phénomènes électriques, on a des charges impondérables que l'on peut comparer, qui exercent les unes sur les autres des attractions ou des répulsions proportionnelles à leur grandeur. L'électricité entrera dans les images de la mécanique en attribuant les noms de *masses électriques* aux charges électriques. Ces masses seront positives ou négatives, se repousseront ou s'attireront, suivant leur nature.

Il y a lieu de considérer une *densité électrique* comme on considère une densité pondérable. Si une charge q est répandue sur une surface S, la *densité électrique superficielle* en un point de S est $\sigma = \lim. \frac{q}{s}$. Si la charge q occupe un volume V, la *densité électrique cubique* est $\rho = \lim. \frac{q}{V}$.

33. — *Les masses électriques obéissent à la loi de la conservation de la masse.* L'expérience montre que chaque fois qu'en un point de l'espace on crée une masse $+ q$ d'électricité positive, on fait apparaître par le fait même en un point de l'espace plus ou moins voisin une masse $- q$ d'électricité négative. Dans un phénomène où se produisent les masses q_1, q_2, q_3 d'électricité, on a donc

$$q_1 + q_2 + q_3 + \ldots = 0.$$

34. — *Unité de masse électrique.* — La loi de Coulomb, en achevant de faire connaître l'action électrique, permet de déterminer l'unité de masse. D'après cette loi, deux masses électriques q_1, q_2, situées à une distance r, exercent l'une sur l'autre une force f dont l'expression est

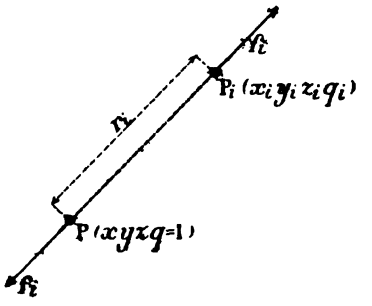
$$f = k \frac{q_1 q_2}{r^2},$$

où k est un coefficient qui dépend de l'unité choisie et du milieu diélectrique où sont placées les masses q_1 et q_2. Cette force est attractive si les masses sont de signes contraires, répulsive si elles sont de même signe.

L'unité de masse électrique est l'une des deux masses électriques positives qui, placées dans le vide à une distance égale à l'unité de distance subissent une répulsion égale à l'unité de force. Dans le vide, k est donc pris égal à 1 ; il en diffère très peu dans les gaz.

Au point de vue des dimensions, la formule $f = \frac{q_1 q_2}{r^2}$ est de la forme $f = \frac{q^2}{L^2}$, où L désigne une longueur. On a donc $q = L\sqrt{f}$. Mais on a $F = LMT^{-2}$, donc $q = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$ en fonction des unités fondamentales.

35. — *Champ électrique.* — Les forces électriques étant mesurées au moyen des formules qui expriment les forces de la gravitation universelle, les calculs qui s'appliquent à ces dernières s'appliquent aux premières. Les masses électriques donnent lieu à des champs dont la fonction potentielle est la fonction newtonienne. Si on considère comme positives les masses $\dots q_i \dots$ qui produisent le champ, et comme positives les forces répulsives $\dots f_i \dots$ qu'elles exerçent sur une masse $q = 1$ placée en P, on a



$$X = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{q_i}{r_i^2} \frac{x - x_i}{r_i}.$$

La fonction potentielle est

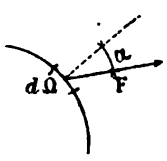
$$V = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{q_i}{r_i},$$

d'où l'on déduit : $$X = -\frac{\partial V}{\partial x},$$

de même $$Y = -\frac{\partial V}{\partial y}, \quad Z = -\frac{\partial V}{\partial z}.$$

Pour une couche sphérique homogène de masse q, la fonction potentielle pour une masse extérieure $q_1 = 1$, située à distance a du centre de la couche est $V = \frac{q}{a}$.

Si la masse $q_1 = 1$ est à l'intérieur d'une couche sphérique homogène de rayon r et de charge q, la fonction potentielle est $V = \frac{q}{r}$, constante, et l'intensité du champ est nulle à l'intérieur de la couche sphérique.

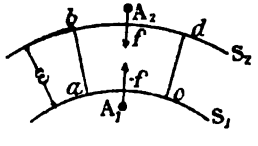


36. — *Théorème de Gauss.* — Faraday nomme *flux de force* relativement à un élément $d\Omega$ d'une surface tracée dans un champ électrique, la projection sur la normale à l'élément $d\Omega$ de l'intensité du champ multiplié par l'élément de

surface : F . $d\Omega$. cos α. Le flux total est $\int F \cos\alpha . d\Omega$ étendu à toute la surface.

Le théorème de Gauss s'énonce ainsi : *Le flux total produit dans le champ d'une masse* q *relativement à une surface fermée qui l'entoure est* $4\pi q$; *si la masse* q *est en dehors de la surface, le flux total est nul.*

37. — DES CHAMPS PRODUITS PAR DES CHARGES ÉLECTRIQUES SUR LES CONDUCTEURS. — *La surface d'un conducteur chargé d'électricité en équilibre est une surface équipotentielle.* — L'électricité, retenue à la surface d'un conducteur par la résistance du diélectrique environnant, forme une couche très mince, dont l'épaisseur est de l'ordre de grandeur des dimensions moléculaires. Soient, toutes dimensions exagérées, S_1 et S_2 les deux surfaces limitant la couche électrique; S_1 est la surface du conducteur.



La fonction potentielle est constante à l'intérieur du conducteur, car on n'y constate pas de déplacement de masses électriques — quatrième fait expérimental rappelé (**31.** IV). — En tout point, à l'intérieur du conducteur, on a

$$\frac{\partial V}{\partial x} = 0 \qquad \frac{\partial V}{\partial y} = 0 \qquad \frac{\partial V}{\partial z} = 0,$$

ou :
$$\frac{\partial V}{\partial x}\,dx + \frac{\partial V}{\partial y}\,dy + \frac{\partial V}{\partial z}\,dz = dV = 0.$$

Le potentiel est donc constant à l'intérieur de la surface S_1 et par conséquent sur S_1 et cette surface est équipotentielle.

Une normale *ab* à la surface S_1 du conducteur, est donc une ligne de force du champ électrique, rigoureusement tout au moins au voisinage de S_1. En passant d'un point à un autre de *ab*, la fonction potentielle varie de $\frac{dV}{dn}\,dn$, et la différence des fonctions potentielles V_1 en S_1 et V_2 en S_2 est $V_2 - V_1 = \int_0^{\varepsilon} \frac{dV}{dn}\,dn$.

La limite ε indique l'épaisseur de la couche près de *ab*. Or $\frac{dV}{dn}$, l'intensité du champ en un point de *ab* est finie, elle est nulle même au point *a*; d'autre part, ε est très petit, donc $V_2 - V_1$ diffère très peu de zéro; c'est-à-dire que S_1 et S_2 sont très notablement équi-

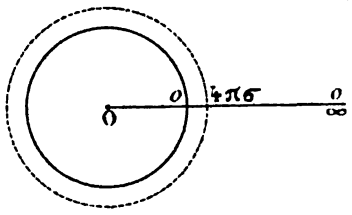
potentielles. Enfin les surfaces S_1 et S_2 sont très voisines; on peut donc dire que la surface du conducteur est une surface équipotentielle.

38. — *L'intensité* F *du champ, ou* $\frac{dV}{dn}$, *en un point* A_2 *très voisin de* S_2 *est* $4\pi\sigma$, *en désignant par* σ *la densité électrique de la couche près de* A_2. Soient $d\Omega$ l'aire d'un élément de la surface S_1 du conducteur et *abcd* un élément de tube de force obtenu en menant des normales à l'élément par les points de son contour. Le flux de force relatif à la surface *abcd* est $4\pi\sigma d\Omega$. En effet, d'après le théorème de Gauss, le flux est $4\pi q$ (**36**), q désignant la masse électrique enfermée, et $q = \sigma d\Omega$.

Le flux de force peut être évalué directement. Pour la surface *ac* il est nul puisque l'intensité est nulle sur cette surface. Sur la surface formée par les lignes de force *ab*, *cd*, ..., limitant le tube, le flux est nul parce que l'intensité est dirigée en chaque point suivant les lignes de force. Soit enfin F la valeur de l'intensité aux divers points de la surface *bd*, qui diffère très peu de $d\Omega$. Cette force F est normale à $d\Omega$, le flux est donc $Fd\Omega$.

On a donc : $4\pi\sigma d\Omega = Fd\Omega$, c'est-à-dire $F = 4\pi\sigma$.

En résumé, l'intensité du champ électrique déterminé par une charge sur un conducteur est nulle à l'intérieur du conducteur; elle augmente de 0 à $4\pi\sigma$ dans l'épaisseur de la couche, puis elle décroit quand on s'éloigne du conducteur de $4\pi\sigma$, très près de la couche, à zéro, quand on s'éloigne à l'infini.



39. — L'intensité du champ en un point voisin de la couche se compose de deux parties, égales à $2\pi\sigma$, provenant, l'une des masses électriques de la couche très voisines, et l'autre de toutes les autres masses électriques de la couche. Si on isolait la masse électrique voisine *abcd*, elle formerait un champ dont l'intensité en A_2 serait f et en A_1 serait $-f$. Les points A_1 et A_2 étant voisins de la couche, mais situés de part et d'autre. Le reste de la couche isolé formerait un champ dont l'intensité serait F_1 sur A_1 et sur A_2 qui sont à peu de distance l'un de l'autre.

L'ensemble des deux champs a une intensité en un point égale

à la somme des intensités de l'un et de l'autre. Or, cette intensité totale est nulle en A_1 et égale à $4\pi\sigma$ en A_2. On a donc

$$F_1 - f = 0, \qquad F_1 + f = 4\pi\sigma,$$

ou

$$F_1 = f = 2\pi\sigma.$$

40. — D'après cela, il est facile de conclure *la pression électromotrice* en un point de la couche, c'est-à-dire la force par unité de surface qui sollicite l'électricité à quitter la surface du conducteur. *Cette pression électromotrice est égale à* $2\pi\sigma^2$. En effet, soit q la masse électrique contenue dans *abcd*; en raisonnant comme au n° 12, on peut remplacer l'action sur q de toutes les autres masses de la couche par une force $F_1 q$ supposée appliquée au centre de gravité de la masse q; l'intensité du champ de ces masses, c'est-à-dire la force qu'elles exercent sur une masse égale à *un*, étant représentée par F_1. C'est cette force $F_1 q$ qui sollicite les molécules de *abcd* à quitter le conducteur. La pression électromotrice est donc $T = \frac{F_1 q}{d\Omega}$. Mais $F_1 = 2\pi\sigma$ et $q = \sigma d\Omega$ donc

$$T = 2\pi\sigma^2.$$

41. — *Capacité électrique d'un conducteur.* — On démontre qu'il n'y a qu'un état d'équilibre électrique sur un conducteur pour une charge donnée. On peut donc penser qu'il est possible de superposer des charges produisant des états d'équilibre identiques, de telle sorte que les masses distribuées sur les divers points d'un conducteur sont proportionnelles à celles qui produisent un état particulier d'équilibre. Or, la fonction potentielle est $V = \Sigma \frac{q}{r}$; si donc on multiplie toutes les masses par un même nombre, la fonction potentielle est multipliée par ce nombre. Si donc, encore, on multiplie la charge totale d'un conducteur par un nombre, on multiplie la valeur de la fonction potentielle en un point du champ par ce même nombre.

Désormais l'expression *potentiel d'un conducteur* désignera la valeur de la fonction potentielle à sa surface.

La charge d'un conducteur étant proportionnelle à son potentiel, on peut écrire $Q = CV$, C désignant une fonction qui dépend des dimensions et de la forme du conducteur.

C est la *capacité du conducteur*; c'est la charge qui produit sur le conducteur un potentiel égal à l'unité.

La capacité d'un système de conducteurs est égale à la somme de leurs capacités particulières; car si on les porte tous au potentiel *un*, la charge totale est égale, numériquement, à la somme des capacités, et c'est la capacité du système par définition.

42. — *Mesure du potentiel d'un conducteur.* — On conçoit la possibilité de mesurer le potentiel d'un conducteur. Sur une sphère, $V = \frac{q}{R}$; si donc on prend $R = 1$, le potentiel est mesuré par la charge sur la sphère. On peut définir ainsi l'unité de potentiel : l'unité de potentiel est celui qu'une charge égale à l'unité produit sur une sphère d'un rayon égal à l'unité dans le vide. Il suffira, pour mesurer le potentiel d'un conducteur chargé d'électricité de le mettre en communication lointaine et par un fil très fin avec une sphère de rayon égal à l'unité et de mesurer la charge de la sphère. Le conducteur, le fil et la sphère sont au même potentiel quand l'équilibre électrique est établi. La communication doit être lointaine afin de soustraire la sphère à l'*influence* des conducteurs; le fil doit avoir une faible capacité afin de ne pas modifier notablement le potentiel à mesurer.

§ V. — Irréversibilité des phénomènes.

43. — Causes de l'irréversibilité des phénomènes naturels. — La réversibilité d'un phénomène consisterait en ceci : dans un phénomène des paramètres p_1, p_2, ..., dépendent de paramètres q_1, q_2, ..., de telle sorte que pour des valeurs des paramètres q, les paramètres p prennent des valeurs correspondantes; ce phénomène serait réversible si, donnant aux paramètres p, en ordre inverse, les valeurs par lesquelles ils viennent de passer, les paramètres q reprenaient les valeurs correspondantes qui leur avaient été attribuées arbitrairement. Ainsi, une transformation de chaleur en travail serait réversible si, dépensant une quantité de chaleur Q et produisant une quantité de travail T, on pouvait, en dépensant la quantité de travail T, reproduire la quantité de chaleur Q.

On peut affirmer qu'il n'y a pas de phénomènes réversibles dans la nature. C'est là l'énoncé d'une loi et non d'une hypothèse du genre de celle de l'action à distance. Les causes de l'irréversibilité sont souvent multiples et apparentes dans les phénomènes. En voici des exemples.

44. — *Frottement.* — Le frottement est le phénomène qui se produit dans le déplacement relatif de deux corps en contact. Il comprend trois ordres de faits : 1° une résistance au déplacement relatif; 2° un dégagement de chaleur; 3° une usure des corps. Le frottement lui-même n'est pas réversible; on ne donnerait pas de déplacement relatif en chauffant deux corps en contact. Tout phénomène où se produit un frottement ne peut être réversible parce que le frottement est toujours accompagné de dégagement de chaleur.

Choc des corps. — Le choc des corps est toujours accompagné d'un changement moléculaire, même pour ceux dont l'élasticité paraît parfaite. Ainsi, une bille d'acier ne rebondirait pas perpétuellement sur une table d'acier horizontale.

Des barres de fer ont été posées sur deux appuis et frappées de coups peu considérables mais répétés un grand nombre de fois: peu à peu leur texture se modifiait et, de fibreuse, devenait de plus en plus grenue; enfin elles se cassaient.

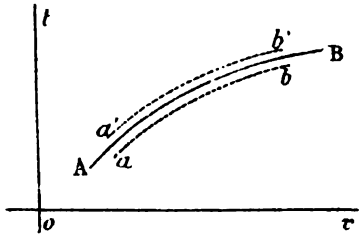
Écrouissage et recuit. — Le martelage, le laminage des métaux sont accompagnés de dégagement de chaleur comme le frottement et le choc; ces opérations modifient la structure des métaux qui deviennent cassants. Pour leur donner une meilleure texture, on leur fait subir l'opération du recuit qui consiste à les chauffer convenablement. Le recuit ne redonne pas la texture primitive et, d'ailleurs, il ne pourrait rétablir les dimensions primitives.

45. — *Conductibilité imparfaite.* — Si l'on ne fait pas intervenir le temps dans un transport de chaleur, c'est que l'on suppose que la conductibilité est parfaite ou que ce transport de chaleur n'a pour but que de produire sur un corps une température déterminée. D'ailleurs, pour obtenir des transports de chaleur à une température déterminée, il faudrait avoir à sa disposition des sources infinies afin que leur température ne changeât pas, soit en donnant, soit en recevant de la chaleur.

Les transformations adiabatiques ne sont pas réalisables, parce qu'il n'y a pas de corps absolument dénués de conductibilité.

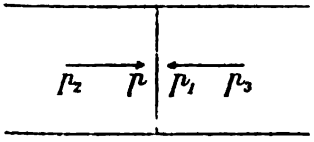
Enfin, pour qu'il passe directement de la chaleur d'un corps sur un autre, il faut que le premier soit à une température plus élevée que celle du second. Pour comprendre que cette loi des échanges directs de chaleur est une cause d'irréversibilité, il

suffit de représenter une transformation par une courbe AB, $t = f(v)$. La température t est celle des sources de chaleur, v est le volume spécifique du corps qui se transforme à leur contact. Si de A à B ce corps doit recevoir de la chaleur des sources, sa température doit être inférieure à chaque instant à celle des sources. La transformation réelle du corps est figurée par la ligne *ab*. Dans la transformation inverse, la température du corps est plus grande que celle des sources puisqu'il doit céder de la chaleur, et la transformation inverse réelle est représentée par la ligne *b'a'*. Ainsi donc, la température d'un corps ne peut être la même dans une transformation et dans la transformation inverse pour les mêmes valeurs de v.



46. — *Influence des accélérations des molécules d'un corps.* — Les variations de vitesses modifient les pressions des corps en contact. Si un gaz, par exemple, repousse son enveloppe en lui communiquant une accélération, il y exerce une pression plus grande qu'à l'état statique. Si, au contraire, le gaz est comprimé par son enveloppe, c'est celle-ci qui exerce une pression plus grande qu'à l'état statique.

Soient m la masse par unité de surface d'un piston, partie mobile d'une enveloppe contenant un gaz, p la pression que le gaz exerce, p_1 celle que le piston transmet au gaz; à l'état d'équilibre, on a $p = p_1$. Au moment où la poussée du gaz fait prendre au piston une accélération J vers la droite, la pression p_2 qu'il exerce est donnée par $p_2 - p_1 = mJ$. Si, au contraire, c'est le piston qui refoule le gaz en prenant une accélération J, la pression p_3 qu'il transmet est donnée par $p_3 - p = mJ$. On a donc



$$p_3 > p, \qquad p_2 > p_1 \qquad \text{ou} \qquad p_2 > p.$$

47. — *Les phénomènes magnétiques et électriques ne sont pas réversibles.* — En mettant en mouvement une machine de Clarke, on peut faire rougir un fil métallique; mais il ne suffit pas de faire

rougir le fil métallique pour faire mouvoir la machine de Clarke.

La pile n'est pas réversible, c'est-à-dire que si on lance un courant égal et contraire à celui qu'elle peut produire, on ne reproduit pas rigoureusement les phénomènes inverses de ceux qui ont produit le courant normal. Que le courant soit direct ou qu'il soit inverse, il produit toujours un dégagement de chaleur dû à la résistance du circuit et de la pile, mesurée par la formule de Joule $q = Ri^2$. En outre, le fonctionnement d'une pile est accompagné d'un dégagement de gaz qui emporte le travail nécessaire à la diffusion. Chaque molécule-gramme de gaz entraîne $0{,}02232 \times 10\,334 = 230$ *kgm*, soit environ 2260 joules, qui ne sont pas restitués dans le passage du courant en sens inverse.

48. — *L'impossibilité du mouvement perpétuel résume toutes les causes d'irréversibilité.* — Plus tard nous reviendrons sur l'impossibilité du mouvement perpétuel; pour compléter cette étude des causes de l'irréversibilité, et même la clore en un mot, disons que la loi de l'irréversibilité n'est autre chose que celle de l'impossibilité du mouvement perpétuel; on ne peut, en effet, comprendre un phénomène qui ne coïncide pas avec une dépense ou une production de travail, de chaleur, d'électricité, plus généralement d'énergie. Dire qu'un phénomène est réversible, ce serait dire qu'ayant dépensé une quantité d'énergie à le produire, on pourrait la récupérer intégralement en ramenant les paramètres en jeu à leurs valeurs initiales. Cette quantité d'énergie pourrait être employée à renouveler le phénomène et ainsi de suite. Ce serait donc dire que le mouvement perpétuel est possible.

49. — *Hypothèse de la réversibilité dans l'étude des phénomènes.* — Il y a évidemment réversibilité dans les formules, mais il ne faut pas en conclure la réversibilité des phénomènes par un détour de raisonnement quelconque. Ainsi, la formule $pv = RT$, qui donne toujours les mêmes valeurs de p pour les mêmes valeurs de R et T, ne signifie pas que la détente d'un gaz est un phénomène réversible de la compression, parce que toutes les circonstances de ces phénomènes ne sont pas représentées dans la formule. Plus généralement, les équations caractéristiques n'expriment pas des phénomènes réversibles; elles s'appliquent à la détermination des états permanents d'un corps et ne suffisent plus dès qu'il y a des modifications mécaniques.

Si le frottement, les chocs, les accélérations, les irrégularités de la transmission de la chaleur sont des causes d'irréversibilité, c'est que les *conditions de la réversibilité consisteraient dans l'équilibre mécanique et dans l'équilibre de température;* mais alors il n'y aurait aucune transformation possible, aucune manifestation possible de phénomènes autres que celui de l'équilibre, du repos en tout.

Mais s'il est vrai absolument que la réversibilité n'existe pas, il est cependant utile de considérer comme réversibles des phénomènes dans lesquels les causes perturbatrices sont faibles. On pourra donc négliger des circonstances secondaires, comme le frottement dans les phénomènes des machines d'induction, comme la chaleur Joule dans les courants électriques. Les formules que l'on obtient ainsi, celles de la thermodynamique, par exemple, ne donnent que des limites des variations des paramètres en jeu (1).

Conclusion.

50. — La mécanique, d'une manière générale, a pour but l'étude des corps et des phénomènes dont ils sont le siège. La considération abstraite des corps et du mouvement conduit aux

(1) La thermodynamique est nécessairement encombrée d'autant d'hypothèses que la physique et la chimie. D'abord, il faut définir les états d'équilibre d'un corps; c'est ce que l'on fait au moyen de son équation caractéristique $\varphi(t, p, v) = 0$. D'un état d'équilibre à un voisin, la chaleur interne du corps a varié de dU et la pression sur les corps extérieurs a fait disparaître une quantité de chaleur $Apdv$ (A désignant l'équivalent thermique du travail). La somme de ces deux quantités : $dQ = dU + Apdv$ ne représente pas la quantité nécessaire et suffisante pour le passage d'un état d'équilibre à un autre, car une transformation est un phénomène mécanique qui ne peut s'accomplir sans cause déterminante, et deux des variables t, p, v ne peuvent la définir par la seule condition de satisfaire à l'équation $\varphi = 0$. La quantité dQ satisfait à la condition $\frac{dQ}{T} = \frac{dU + Apdv}{T} = dS$, S étant une fonction de deux des variables t, p, v (S se nomme l'entropie).

Pour une transformation s'opérant sous l'influence de la chaleur, le principe de l'équivalence donne : $dQ = dU + Ad\mathcal{C}_e$, où $\mathcal{C}_e$ représente le travail des forces que le système exerce sur les corps extérieurs. Soit p la valeur de la pression qui, avec U, définit l'état d'équilibre du corps à la même température, on peut écrire :

$$dQ = dU + Apdv - Apdv + Ad\mathcal{C}_e = Tds + Ad\tau,$$

en posant $\qquad dU + Apdv = TdS \quad$ et $\quad d\mathcal{C}_e - pdv = d\tau.$

On vérifie facilement que :

$$Ad\mathcal{C}_e = -d(U - ST) - SdT + Ad\tau.$$

La fonction U — ST ne dépend que de l'état d'équilibre du corps défini par U et p et d'une constante arbitraire; elle a le nom de *potentiel thermodynamique*. L'équation précédente exprime que dans toute modification isothermique réalisable d'un corps la quantité de travail mécanique qu'il peut fournir égale la diminution du potentiel thermodynamique augmentée de $d\tau$ équivalant à la *chaleur non compensée* $Ad\tau$.

idées de *masse* et de *force* : la masse, que l'on pourrait nommer la quantité de matière; la force, qui émane de masses et s'applique à d'autres en vertu du principe de l'inertie et de l'activité de la matière. Les principes généraux qui paraissent s'appliquer à la masse et à la force sont justifiés et développés par la considération du *point matériel*, concept destiné à débarrasser les premières études sur la masse et la force de toute considération de l'étendue et des propriétés physiques et chimiques de la matière.

Pour étendre aux corps, aux systèmes matériels, les premiers résultats ainsi obtenus, il faut évidemment faire intervenir l'étendue, les propriétés physiques et chimiques ; le point matériel doit être abandonné. La raison veut que l'on considère en mécanique la *molécule*, la plus petite division de la matière qui peut exister à l'état libre, d'après la chimie, la science qui a le plus pénétré la nature intime des corps. L'ignorance où l'on est des dimensions des molécules, de leur nombre dans un espace donné et des lois des forces moléculaires, d'une part; d'autre part, l'impossibilité de séparer les forces de leur point d'application, conduisent à la création de *forces de définition*, comme la pression, le poids, et à la création de *corps de définition*, les solides, les liquides, les gaz définis comme au n° 8, par exemple.

Enfin, l'étude générale des phénomènes exige de nouvelles hypothèses. Or, les phénomènes ne sont jamais simples; et le plus souvent, ils apparaissent avec la complication qui provient du nombre de lois de la nature en jeu pour les produire. Il est impossible de soumettre au calcul les phénomènes dans toute leur complication. On est obligé de les étudier en ne considérant d'abord que la cause la plus importante et de ne les compliquer que successivement. On a ainsi des *phénomènes de définition* comme le mouvement des machines et celui des fluides, abstraction faite du frottement, comme les transformations réversibles.

A toutes ces définitions, à toutes ces hypothèses, il faut joindre celle de la *continuité de la matière* qui permet d'appliquer la méthode infinitésimale et d'obtenir des formules d'application. Mais chaque formule obtenue n'est consacrée que si elle est démontrée être suffisamment exacte dans des circonstances d'expérimentation conformes aux hypothèses.

Les *lois de la nature* sont des vérités non rationnelles, mais d'observation. D'après ce qui précède, c'est par la persévérance

et la sagacité qu'il a été possible de les séparer pour les distinguer, puis de les grouper pour expliquer des phénomènes complexes, comme dans le mirage, par exemple, où l'on rencontre le concours de la réfraction, de la réflexion et de la conductibilité calorifique. A la sagacité, il faut joindre l'induction, car ces lois ne peuvent être l'objet d'une démonstration particulière et générale; les termes de leurs énoncés sont les forces de définition, les corps de définition, les phénomènes de définition, et leur généralisation ne s'impose que parce que l'on n'observe pas de phénomènes où elles soient en défaut.

SUR

L'OBSERVATION ET L'ENREGISTREMENT

DE PHÉNOMÈNES PÉRIODIQUEMENT ET RAPIDEMENT VARIABLES

PAR

M. E. HOSPITALIER

Le philosophe Stas l'a dit avec raison : « *Toute science à laquelle la mesure, le poids et le calcul ne sont pas applicables, ne peut être considérée comme une science exacte . elle constitue un assemblage d'abstractions sans lien ou de simples conceptions de l'esprit...* »

Si la science et l'industrie électriques ont fait, depuis un quart de siècle, des progrès si rapides, ces progrès sont dus, en grande partie, à la perfection des méthodes de mesure, qui ont permis de déterminer avec précision les grandeurs relatives des phénomènes produits par les appareils, et d'étudier l'influence réelle des modifications apportées à leur construction.

Les mesures, relativement simples et faciles lorsque les phénomènes sont continus et constants ou lentement variables, se compliquent singulièrement lorsqu'il s'agit de phénomènes rapidement variables et dont la fréquence peut atteindre *cent*, *mille* et jusqu'à *dix mille* périodes par seconde.

Les besoins créés par les progrès de l'électricité ont développé les méthodes d'investigation et rendu possible, pratique, industriel, bientôt courant, l'emploi de méthodes analytiques qui permettent de suivre jusque dans le plus petit détail toutes les variations d'un phénomène instantané, si rapides soient-elles. Cette communication a pour objet l'exposé succinct de ces méthodes.

Considérations générales.

L'observation d'un phénomène rapidement variable peut se faire à l'aide d'appareils basés sur deux principes très différents: l'*Observation directe* et l'*Observation indirecte*.

Observation directe. — L'appareil d'observation ou d'enregistrement doit pouvoir suivre le phénomène instantanément sans le

perturber. On obtient ce résultat à l'aide de deux méthodes. La plus employée consiste à donner à l'appareil d'observation un faible moment d'inertie, une durée d'oscillation propre très courte devant celle du phénomène à enregistrer, et un amortissement aussi voisin que possible de l'amortissement critique, c'est-à-dire de l'amortissement pour lequel l'appareil éloigné de sa position d'équilibre tend à y revenir dans le temps le plus court possible et sans la dépasser.

La seconde méthode, qui ne compte encore qu'un appareil, le *Rhéographe* de M. Abraham, appliqué à l'étude des courants variables, utilise un appareil d'observation dont le moment d'inertie est élevé et la période d'oscillation propre beaucoup plus longue que celle du phénomène à observer. Dans ces conditions, l'appareil indiquerait toute autre chose que le phénomène à observer; aussi ne le soumet-on pas à l'action du phénomène lui-même, mais à un phénomène plus complexe, préalablement réglé, et dans lequel les causes perturbatrices dues à l'inertie et à l'amortissement du système oscillant sont *compensées*. On obtient ainsi le même résultat qu'avec un appareil sans inertie, mais ces compensations ne semblent possibles, jusqu'ici, que pour l'observation et la mesure des courants électriques.

Observation indirecte. — L'observation indirecte, basée sur le principe de la stroboscopie, consiste à ralentir le phénomène périodique, et à obtenir l'ensemble de ses phases en les cueillant successivement dans un grand nombre de périodes. La période d'oscillation propre de l'appareil d'observation peut être alors très grande par rapport à celle du phénomène observé, pourvu que la durée de l'ensemble des périodes sur lesquelles sont recueillies les diverses phases soit elle-même très grande relativement à la durée de l'oscillation propre de l'appareil d'observation. L'arcoscope, l'ondographe et le pressiographe sont basés sur ce principe.

Pour résumer en peu de mots le principe caractéristique de chaque appareil, on peut dire, sous une forme imagée, que les premiers obéissent au doigt et à l'œil, les seconds à coups de trique, et les troisièmes en prenant leur temps.

I. — **Méthodes directes.**

Pour qu'un appareil d'observation suive exactement un phénomène donné, il faut qu'il satisfasse aux conditions suivantes : 1° Période d'oscillation très courte par rapport à celle du phénomène à étudier ; 2° amortissement voisin de la périodicité critique ; 3° causes perturbatrices propres à l'appareil aussi réduites que possible ; 4° sensibilité suffisante.

La première condition est suffisamment réalisée en pratique lorsque la durée d'oscillation propre du système de mesure est cinquante fois plus courte que celle du phénomène à observer. Cette condition est facilement satisfaite lorsque la fréquence du phénomène à étudier ne dépasse pas 6 à 8 par seconde. Au delà de 500 périodes par minute, les perturbations apportées par l'inertie des pièces en mouvement et l'amortissement excessif ou insuffisant, rendent les indications illusoires, à moins que l'on ne prenne des dispositions toutes spéciales. C'est l'étude théorique des conditions à remplir qui a conduit aux appareils actuels, tels que l'*Oscillographe* de M. Blondel, avec lequel on observe les variations de phénomènes électriques dont la fréquence est souvent supérieure à 100 périodes par seconde, et le *Manographe* de MM. Hospitalier et Carpentier, qui permet de relever les diagrammes de moteurs à explosion tournant à plus de 2000 tours par minute.

Oscillographe de M. Blondel.

Les oscillographes sont des appareils qui, par leurs dispositions, suivent sans retard et aussi fidèlement que possible les variations d'un phénomène électrique. Les premières tentatives faites pour résoudre le problème, le furent en réduisant l'inertie des galvanomètres ordinaires, comme le firent d'*Arsonval*, *Arnoux*, *Eric Gerard ;* mais il ne s'agissait encore que d'étudier des variations lentes, et ces galvanomètres ne pouvaient analyser des courants rapides. En 1885, *Colley*, voulant étudier les décharges oscillantes, ne se préoccupa que d'en déterminer la période par un galvanomètre analogue à l'électrodynamomètre de Bellati, et ne présentant pas de force directrice ; un essai analogue fut fait par *M. Nichols* à l'aide d'un filet de mercure tombant, parcouru par un courant et oscillant dans un champ magnétique. On voit par ces appareils sans force directrice, qu'à cette époque on con-

naissait peu les conditions à remplir. Cependant, *Frölich* et *E. Thomson*, en 1887 et 1888, s'en rapprochaient davantage en employant comme instrument de mesure un téléphone muni d'un miroir collé sur la membrane. Mais le téléphone était un bien mauvais type d'instrument de mesure, à cause de la complexité de la vibration de sa membrane et des effets d'hystérésis et de courants de Foucault dont il est le siège.

Ces différents essais ne furent suivis d'aucune application. Quelques années plus tard, en 1893, M. Blondel, partant d'une analyse de la solution théorique, trouva une première solution du problème par la création des *oscillographes*, qu'on peut définir des galvanomètres à oscillations très rapides par rapport à celles du courant, dépassant 1 000 périodes propres par seconde, et susceptibles d'être réglés à l'amortissement critique (1).

M. Blondel a réalisé plusieurs types d'oscillographes; nous ne signalerons ici que celui adopté en pratique, et construit par M. J. Carpentier, l'Oscillographe à bande vibrante.

Oscillographe a bande vibrante. — Cet appareil est constitué par une bande plate très mince et très étroite (0,2 à 0,3 *mm* de largeur sur quelques centièmes de millimètre d'épaisseur) tendue verticalement dans un champ magnétique entre deux chevalets distants de 10 *mm* à 30 *mm*, et portant un très petit miroir en son milieu. Pour la commodité du montage et des réglages, cette bande est renfermée dans une boîte munie d'un tendeur, et susceptible d'orientation et de déplacement vertical; de cette manière, le fer doux n'a plus besoin de pivots ni de fil de suspension.

Chaque élément horizontal de la bande se comporte comme un petit aimant, et les déviations produites par l'effet des bobines

(1) La théorie des oscillographes est une généralisation de la belle théorie de la synchronisation de M. Cornu. Pour obtenir le résultat désiré, il faut que les oscillations soient non seulement synchroniques, mais, autant que possible, à chaque instant proportionnelles au courant à mesurer. Si l'on se reporte à l'équation générale des galvanomètres amortis :

$$K\frac{d^2\theta}{dt^2} + A\frac{d\theta}{dt} + C\theta = GI,$$

où K est le moment d'inertie, A le coefficient d'amortissement, C le couple de torsion, G la constante galvanométrique, I le courant à étudier, A l'angle de déviation et t le temps, on voit qu'il faut rendre les deux premiers termes négligeables devant le troisième.

Supposons ce résultat obtenu; en étalant les déviations dans le sens perpendiculaire, à l'aide des méthodes de composition optique bien connues, on traduit le mouvement oscillatoire par une courbe dont les abscisses sont proportionnelles aux temps et les ordonnées au phénomène à observer.

se cumulent des extrémités au centre de la bande, ce qui augmente beaucoup la sensibilité; les déviations indiquées par le miroir sont proportionnelles au courant qui traverse la bobine.

Grâce aux propriétés des vibrations tournantes, beaucoup plus rapides que les vibrations transversales, cet équipage mobile tend à présenter une fréquence très élevée, qu'augmentent encore les influences de la tension et du champ magnétique.

La bande étant très petite, il doit en être de même des miroirs; ceux-ci ont pu, grâce aux efforts de MM. Pellin, Werlein et Dobkévitch, être réduits à 0,2 *mm* de largeur sur 0,05 à 0,1 *mm* d'épaisseur et 0,5 *mm* de hauteur. Ils sont en verre ou en mica, argentés par le procédé Martin ou Foucault; ils sont collés à la gomme laque sur les bandes avant le montage de celles-ci; quant à ce montage, il se fait sur un petit chevalet d'ivoire qu'on introduit ensuite dans la boîte à huile. La bande est ainsi préservée de la rouille et mise à l'abri de toute détérioration.

Grâce à l'emplacement très restreint occupé par les boîtes à huile et les bobines qui ont moins de 30 *mm* de largeur, et aux faibles champs nécessaires, il est facile de loger côte à côte, dans un même circuit magnétique, deux et même trois oscillographes semblables et indépendents. Il suffit, pour éviter complètement toute influence réciproque, de les séparer par des cloisons de tôles feuilletées. La convergence des images s'obtient par simple orientation des boîtes à huile.

Mode d'observation et d'enregistrement des courbes. — Les oscillographes, ainsi que les autres appareils d'étude directe, donnent un rayon lumineux dont les déviations sont proportionnelles à l'intensité ou à la tension du courant étudié; pour transformer ces déviations en courbes, il faut imprimer en même temps au rayon un déplacement perpendiculaire au premier et proportionnel au temps. De nombreux dispositifs mécaniques ou optiques ont été imaginés dans ce but pour l'emploi des oscillographes ou des rhéographes : glace tombant, tambour tournant, miroir tournant, miroir oscillant, etc. Tous sont applicables aux oscillographes, mais M. Blondel s'est attaché plus particulièrement à permettre la vision continue des courbes à l'œil nu, aussi bien que leur photographie.

Le dispositif le plus satisfaisant pour obtenir ce résultat est celui du miroir oscillant imaginé par M. Abraham en 1896. Les rayons lumineux provenant des oscillographes sont réfléchis

FIG. 1. — Vue d'ensemble de l'oscillographe à bande vibrante.

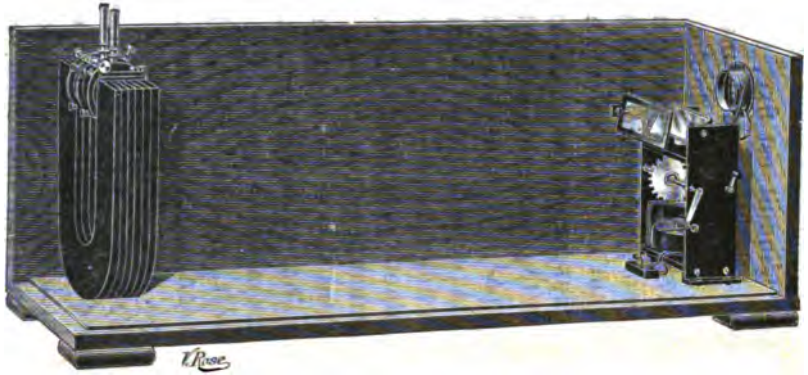


FIG. 2. — Vue intérieure de l'Oscillographe double.

environ à 45 degrés sur un miroir mobile autour d'un axe parallèle au plan des déviations de ces rayons.

Son mouvement oscillant est produit par une came qui lui donne un mouvement d'aller lent proportionnel au temps, puis un mouvement de retour brusque aidé par un ressort. Le mouvement de la came est entretenu soit par un pendule, soit préférablement par un moteur synchrone.

M. Blondel a réalisé pour cette application un petit moteur synchrone à six pôles, extrêmement simple, sans frotteur ni balais. L'induit est fixe, l'inducteur est un aimant tournant dont l'axe porte la came et une vis sans fin que commande une petite manivelle. Il suffit de donner à la main quelques tours de cette manivelle pour lancer le moteur à sa vitesse et le synchroniser. La came perpendiculaire à l'arbre porte un canal creux, tracé suivant un profil calculé pour assurer le mouvement uniforme, et dans lequel est guidé un galet d'acier ou d'agate fixé à l'extrémité d'un levier passant par l'axe du miroir. Cet axe est défini par deux pointes d'acier fixées à une plaque d'aluminium sur laquelle est collé le miroir.

Pendant la période de retour du miroir en arrière, les rayons lumineux provenant du projecteur sont obturés par un petit disque commandé par le moteur.

Dans sa position moyenne, le miroir est environ à 45 degrés sur l'horizontale de façon à renvoyer verticalement sur son écran horizontal les rayons qu'il reçoit des oscillographes. Devant ce miroir, du côté des oscillographes, est placée une lentille de concentration à courbure cylindrique de M. le professeur Vernon Boys.

Le professeur Boys a eu, en effet, l'ingénieuse idée, pour diminuer la surface du miroir des oscillographes, de concentrer verticalement les rayons qui en proviennent par une lentille cylindrique à axe horizontal, qui permet leur libre déviation dans le sens horizontal. Ce moyen permet d'augmenter l'éclat, non par les dimensions du miroir mobile, mais par celle d'une simple fente fixe; il résout complètement la question de l'éclairement des oscillographes, quelque petite que soit leur partie vibrante. En outre, il suffit que les miroirs de plusieurs équipages voisins employés simultanément soient placés sur une même horizontale pour que leurs images, fournies par la lentille à génératrices horizontales, soient également toutes sur une même horizontale, alors même que ces miroirs ne seraient pas bien verticaux.

Caisses « kodak » pour l'emploi des oscillographes. — Pour éviter toutes les complications d'un montage lors de chaque expérience, et rendre l'appareil portatif, tous les organes en sont réunis et fixés invariablement dans une solide caisse en bois de 80 *cm* de longueur. Cette caisse forme chambre noire. A l'une de ses extrémités est placé l'oscillographe, à l'autre le synchronoscope (c'est-à-dire l'ensemble du miroir oscillant, de la lentille et du moteur synchrone) et au-dessus, dans la paroi, l'objectif de protection cylindrique, avec diaphragme percé d'une ou plusieurs fentes verticales destinées à éclairer le ou les équi-

Fig. 3

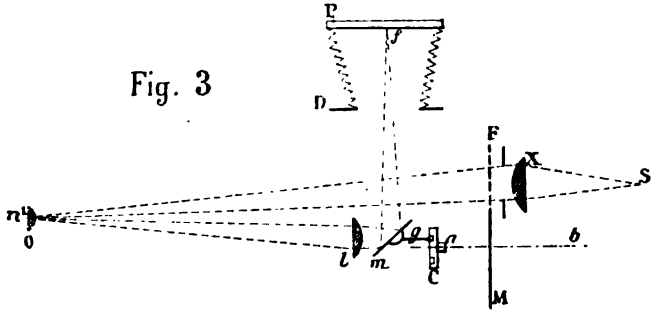


FIG. 3. — Schémas de la marche des rayons lumineux dans l'oscillographe « Kodak » pour le tracé et la photographie des courbes.

S, source de lumière (arc électrique); — X, objectif ou condenseur, à lentille cylindrique horizontale; — F, diaphragme percé de fentes verticales éclairant chaque petit miroir *n*; — N, miroir-plan d'un équipage mobile; — O, petite lentille plan-convexe de la boîte à huile; — *l*, lentille cylindrique horizontale pour la concentration des rayons réfléchis; — *m*, miroir oscillant à axe horizontal (perpendiculaire au tableau) commandé par un levier *g*; — *ab*, arbre moteur; — C, came calée sur cet arbre et agissant sur l'extrémité du levier *g*, et calculée de façon à ce que le déplacement du point lumineux *f* sur l'écran P soit proportionnel au temps; — M, disque calé sur l'arbre *ab*, et échancré de façon à n'obturer les rayons que pendant le retour du point *f*.

pages mobiles et le miroir de repère. De petites portes latérales permettent de régler l'oscillographe et de mettre en marche le moteur.

En outre, la caisse porte un couvercle amovible qui permet de découvrir tout l'appareil. C'est sur ce couvercle qu'est fixé le châssis qui reçoit l'écran en verre dépoli pour voir et tracer les courbes; cet écran peut être remplacé par un châssis photographique. Un soufflet de chambre noire est ajouté, quand on le juge nécessaire, pour changer la distance focale.

Comme source de lumière, on emploie le plus simplement une lampe à incandescence placée au foyer de la lentille de projection, ou une flamme d'acétylène. Dans ces conditions, on

peut photographier avec quelques secondes de pose en employant des lampes à incandescence spéciales.

Pour les projections et pour les photographies instantanées, on emploie l'arc électrique; un modèle de lampe à arc à main s'accroche contre la paroi de la caisse dans une position invariable et se manœuvre très facilement.

Enfin, pour faciliter l'emploi de l'appareil, on y a ajouté un petit tableau de distribution, dans un placard latéral, qui s'ouvre en dehors. Ce tableau contient ampèremètre, voltmètre, interrupteurs, fusibles et bornes d'attache des conducteurs; de sorte qu'il n'y a jamais aucun montage de fils à faire. Dans le même but, les rhéostats ou shunts nécessaires avec les oscillographes employés comme voltmètre ou comme ampèremètre sont eux-mêmes installés à poste fixe dans la boite. L'ensemble est ainsi transportable et indéréglable.

Il convient de remarquer qu'en éclairant l'oscillographe à fer doux par incandescence, on n'a plus besoin d'aucun courant continu pour éclairer les images.

Les oscillographes sont construits à volonté *simples*, *doubles* ou *triples*.

Les oscillographes *simples* ne comprenant qu'un seul équipage mobile peuvent cependant enregistrer à volonté un courant ou une force électromotrice; on les munit, à cet effet, de deux paires de bobines interchangeables, les unes à fil fin, les autres à gros fil.

Le type *simple*, suffisant pour des études d'atelier, doit être remplacé par le type *double* quand on veut inscrire à la fois, et non successivement, la tension et le courant pour en mesurer le décalage; c'est le cas ordinaire de la pratique.

Les oscillographes *triples* trouvent enfin leur application spéciale dans les recherches de laboratoire, quand on veut inscrire à la fois le courant consommé, la tension aux bornes et une autre variable corrélative, telle que la force électromotrice produisant le courant, ou les variations d'un courant soumis à des réactions, etc.

Manographe de MM. Hospitalier et Carpentier.

Cet appareil a pour but de permettre l'observation et l'enregistrement de la pression instantanée pendant le cycle d'un moteur àexplosion à grande vitesse angulaire, à l'aide d'un équipage

Fig. 4. — Vue d'ensemble du manographe.

mobile sans poids et, par suite, sans inertie, constitué par un rayon lumineux.

L'idée même d'employer un rayon lumineux comme index sans inertie, en vue de cette application spéciale, indiquée plusieurs fois par certains inventeurs, soit à l'aide de deux miroirs, comme

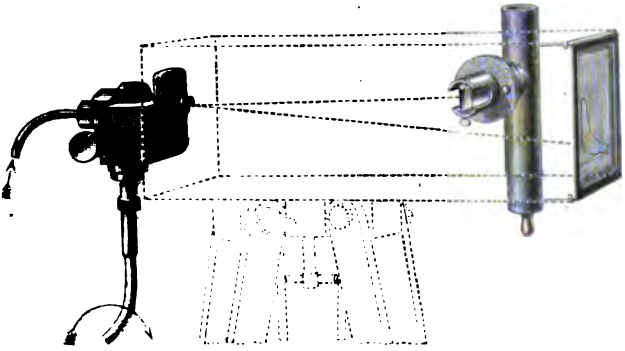


Fig. 5. — Vue intérieure du manographe.

l'a fait M. *Marcel Deprez*, en 1877, soit à l'aide d'un seul miroir, a même été réalisée en 1891, par M. *John Perry*, ancien président de *The Institution of Electrical Engineers*. Mais cet appareil n'était utilisable que pour des vitesses angulaires ne dépassant pas 500 à

600 tours par minute, et ses dispositions ne lui permettaient pas d'être monté sur un moteur exposé à des trépidations aussi fortes que celles auxquelles sont parfois soumis les moteurs à explosion, surtout lorsqu'ils sont mal équilibrés.

Dans le manographe *(fig. 4 et 5)*, l'appareil d'observation ou d'enregistrement est complètement séparé du moteur auquel il n'est relié que par un tube flexible T destiné à transmettre les pressions, et par un arbre flexible qui ramène le mouvement de rotation de l'axe du moteur jusqu'à l'appareil.

Le principe de l'appareil est des plus simples, et rappelle celui du télégraphe écrivant de Pollak et Viràg dont il dérive. Considérons *(fig. 6)* un petit miroir reposant sur trois points A, B, C, disposés aux trois sommets d'un triangle rectangle. Le point A, disposé au sommet de l'angle droit, est fixe dans l'espace ; l'un des deux autres points B se déplace perpendiculairement au plan du miroir proportionnellement aux pressions ; le troisième C, proportionnellement au chemin parcouru par le piston. Dans ces conditions, le petit miroir, sollicité par un ressort qui l'appuie d'une façon permanente sur les trois points, prend des inclinaisons telles que si un rayon lumineux est projeté sur ce miroir, les déplacements de la partie réfléchie traceront le diagramme sur un verre dépoli placé à une distance convenable. La persistance des impressions sur la rétine fera apparaître le diagramme sous la forme d'un trait continu dont on pourra faire l'examen à loisir, tracer une image avec un crayon sur du papier calque, ou prendre une photographie, instantanée ou posée.

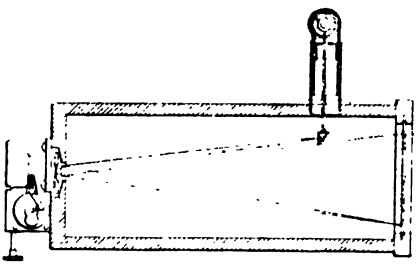


Fig. 6. — Plan d'ensemble du manographe.

Dans le modèle courant, le pinceau lumineux est produit par une petite flamme d'acétylène. Un prisme à réflexion totale *(fig. 6)* renvoie le pinceau lumineux sur le miroir, lequel le réfléchit sur l'écran combiné pour donner des diagrammes de 10 *cm* de longueur sur 7 à 8 *cm* de hauteur. En modifiant la distance focale du miroir, la distance de l'écran et l'intensité de la source lumineuse, on pourrait obtenir des diagrammes de dimensions quelconques, et en faire la projection à grande échelle, pour l'enseignement, par exemple.

Il nous reste à expliquer comment les mouvements sont respectivement transmis aux deux points qui se déplacent proportionnellement à la pression d'une part, à la course du piston, d'autre part.

Pour la pression, une tige portant sur le miroir par une de ses extrémités appuie, par son autre extrémité, sur une membrane métallique et élastique M fixée, par sa périphérie, sur une chambre en communication avec le haut du cylindre moteur par un tube en cuivre de 2 à 3 *mm* de diamètre intérieur. Sous l'influence des variations de pression produites dans le cylindre pendant le cycle à quatre temps, la membrane fléchit et repousse plus ou moins fortement la tige sur laquelle appuie le miroir. On obtient ainsi des déplacements sensiblement proportionnels à la pression. Il est d'ailleurs facile, par une graduation préalable de la membrane, de reconstituer le diagramme exact, lorsqu'il est nécessaire de le planimétrer, opération rendue d'ailleurs inutile dans les nouveaux modèles.

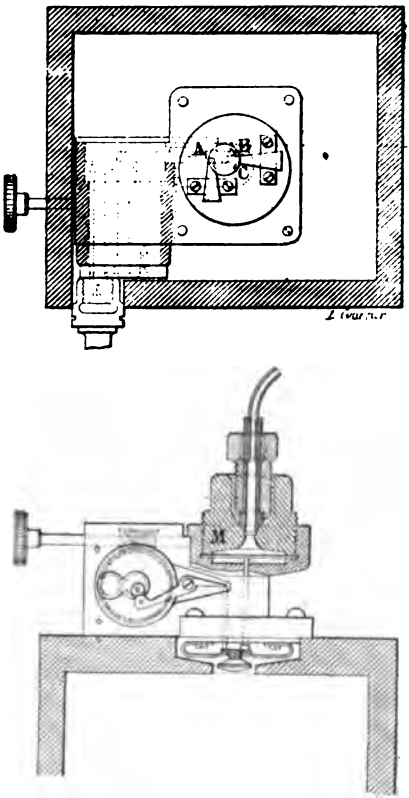


Fig. 7. — Élévation et plan-coupe.

Dans les modèle récents, les ordonnées sont, par un choix convenable des proportions, rendues proportionnelles aux pressions. En vue de faciliter les calculs, 1 *cm* d'ordonnée correspond exactement à 1 *kg* par centimètre carré, et la course totale du piston est représentée par une longueur de 10 *cm* sur l'axe des abscisses. La surface du diagramme, mesurée au planimètre et exprimée en centimètres carrés, donne ainsi directement le travail pour un cycle, en la multipliant par un coefficient qui représente précisément le volume de la cylindrée.

Pour le mouvement du piston, une seconde tige reçoit un

mouvement alternatif de va-et-vient, synchrone avec celui du piston, par l'intermédiaire de l'arbre flexible et d'un répétiteur constitué par un système de manivelle et bielle de dimensions réduites. Comme le mouvement synchrone pourrait se produire

Fig. 8

Fig. 9

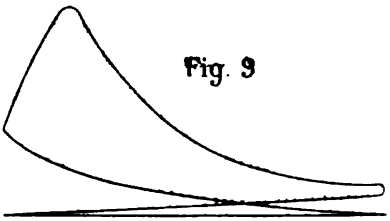


Fig. 10

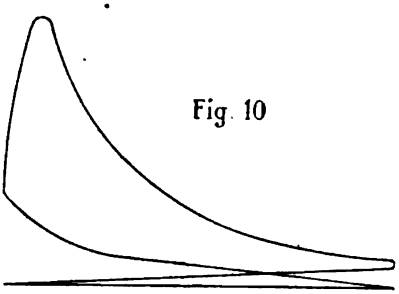


Fig. 11

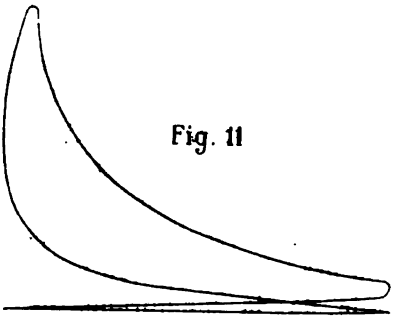


Fig 12

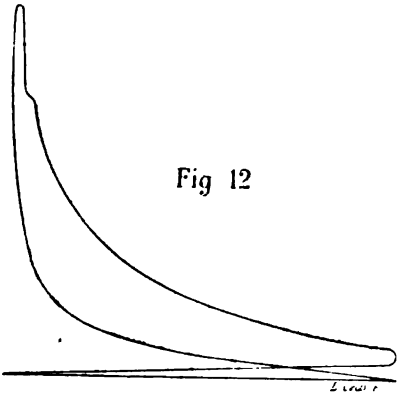


FIG. 8. — Retard à l'allumage.

FIG. 9. — Allumage en fin de course.

FIG. 10. — Légère avance à l'allumage.

FIG. 11. — Grande avance à l'allumage.

FIG. 12. — Avance à l'allumage exagérée.

avec un certain décalage, retard ou avance, entre le mouvement du piston et celui de la biellette, la commande de l'arbre flexible se transmet par un train d'engrenages dont les deux roues portent le même nombre de dents. L'axe de l'arbre flexible peut se déplacer comme un satellite autour de l'axe de la manivelle, et

ce déplacement est commandé par une vis de réglage placée extérieurement sur la boîte. Dans ces conditions, on peut, en déplaçant l'axe de l'arbre flexible d'un angle convenable, obtenir à la fois le synchronisme et la coïncidence de phases du mouvement du piston et du mouvement de la tige de commande des abscisses. Des ressorts de rappel fixés derrière le support du miroir le maintiennent toujours bien appliqué contre les trois points qui définissent ses déplacements.

Les masses mises en mouvement sont très petites, les déplacement et les vitesses très faibles, et il n'y a à craindre aucun lancé perturbateur, comme l'ont prouvé des essais faits à la vitesse angulaire de 2 200 tours par minute.

Les figures 8, 9, 10, 11, 12 représentent les diagrammes relevés photographiquement sur un moteur de Dion et Bouton à essence de pétrole, en faisant varier l'avance à l'allumage depuis un retard exagéré *(fig. 8)* jusqu'à une avance exagérée *(fig. 12)*. Ces diagrammes ont été anamorphosés, de façon à obtenir des ordonnées proportionnelles aux pressions.

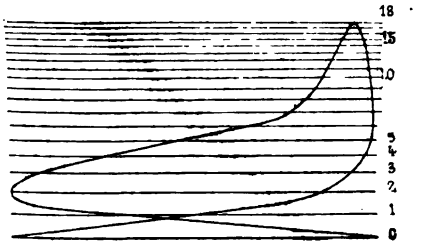


Fig. 13. — Diagramme relevé sur un moteur de Dion-Bouton fonctionnant à l'alcool carburé à 50 0/0.

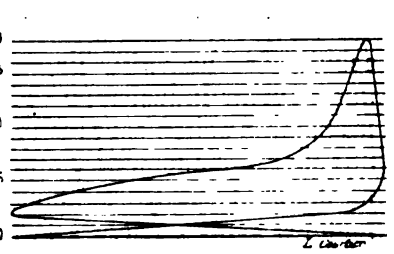


Fig. 14. — Diagramme de la figure 4 rectifié.

Les figures 13 et 14 se rapportent à un autre moteur de Dion et Bouton fonctionnant à l'alcool carburé et actionnant une dynamo à courant continu.

Les résultats fournis par ce moteur sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Course du piston, en centimètres	11
Diamètre du piston en centimètres.	8,1
Surface du piston, en centimètres carrés . .	63,62
Vitesse angulaire, en tours par minute. . .	1 300
Vitesse angulaire, en tours par seconde . .	21,6

Surface utile du diagramme, en centimètres carrés	13,035
Hauteur du rectangle équivalent, en millimètres	13,035
Pression moyenne correspondante, en kilogrammes par centimètre carré	4,345
Force exercée sur le piston, en kilogramme	275
Travail dans un cycle (deux tours), en kilogrammètres	30,25
Puissance, en poncelets	6,53
Différence de potentiel aux bornes, en volts	110
Courant, en ampères	30
Puissance utile, en watts	3300

Le groupe électrogène transforme donc en énergie électrique 50 pour 100 du travail indiqué, ce qui est un résultat tout à fait remarquable pour un groupe électrogène d'aussi faible puissance.

II. — **Méthodes indirectes ou stroboscopiques.**

Malgré l'élégance des méthodes directes et les résultats déjà acquis avec les appareils basés sur ces méthodes, nous croyons que l'avenir industriel est réservé aux méthodes indirectes, dont le champ d'action est plus étendu, et qui permettent l'inscription directe du phénomène à étudier sur une bande de papier, ce que ne donnent pas les méthodes directes, pour lesquelles on doit toujours avoir recours à la photographie.

Pour comprendre le principe général de la stroboscopie, appliquée à l'observation et à l'enregistrement des phénomènes périodiquement et rapidement variables, considérons le plus simple des mouvements périodiques: le mouvement de rotation uniforme. Après chaque tour, le système en rotation se trouve dans la même position relative qu'un tour auparavant. Supposons que nous éclairions le système, une fois par tour, pendant un instant très court, au moment où il passe par une position déterminée que nous allons considérer comme position initiale. Le système en rotation paraîtra alors immobile. Si nous donnons un léger retard à l'éclairage périodique et que les éclats successifs se succèdent à un intervalle de temps un peu plus long que la durée du tour elle-même, le système sera éclairé dans ses phases successives, et paraîtra tourner lentement dans

le sens de sa rotation réelle. Si, au contraire, les éclats se succédaient un peu plus rapidement, le système semblerait tourner en sens inverse de celui de sa rotation réelle, puisqu'à chaque tour, il serait éclairé un instant avant d'atteindre la même position qu'au tour précédent.

On a ainsi ralenti à volonté la vitesse de rotation apparente dans une proportion qui ne dépend que du glissement ou retard des éclairages successifs du système.

Le moyen le plus simple pour obtenir ces éclats successifs consiste à faire usage d'un disque obturateur percé d'une fente et placé devant un appareil de projection.

On peut obtenir le même résultat avec des étincelles d'induction, des extra-courants, des arcs alternatifs, etc., mais c'est le disque obturateur tournant qui fournit les effets les plus nets.

Pour obtenir un glissement variable, on peut employer un moteur électrique à vitesse variable, un moteur asynchrone si le système est actionné par un moteur synchrone, ce qui donne la mesure du glissement, un jeu d'engrenages, comme dans l'ondographe, ou, ce qui est le plus rationnel, un différentiel dont l'un des axes est commandé par le système à étudier, l'autre axe actionne le disque obturateur, et la couronne reçoit extérieurement un mouvement de rotation plus ou moins rapide qui définit le glissement. Ce dispositif présente le grand avantage de permettre des arrêts apparents du système dans les positions les plus intéressantes.

C'est là le principe du *stroboscope différèntiel* que nous appliquons également aux strobographes destinés à l'enregistrement de phénomènes extrêmement rapides, dont la durée est de l'ordre du 1/5 000e de seconde, et au-dessous.

La méthode stroboscopique permet de réaliser un grand nombre d'appareils que l'on peut classer en deux groupes :

1° Les *stroboscopes*, ou appareils d'observation ;

2° Les *strobographes*, ou appareils d'enregistrement.

1° Stroboscopes.

Les stroboscopes, dont le nombre varie à l'infini, ne constituent pas, à proprement parler, des appareils, mais plutôt des *dispositifs* expérimentaux que l'on modifie suivant le matériel dont on dispose et les recherches que l'on a en vue. Nous signalerons, à titre d'exemple, ceux que nous avons réalisés pour

l'observation des arcs à courants alternatifs, et des machines en mouvement.

Arcoscope. — Nous désignons sous ce nom français et grec à la fois, un dispositif expérimental fort simple, destiné à permettre l'examen facile des variations d'éclat subies par un arc à courants alternatifs pendant une période, variations qu'il est impossible d'observer directement, à cause de leur trop grande fréquence.

Il se compose, en principe, d'un petit moteur à courants alternatifs simples, asynchrone, sur l'axe duquel est monté un disque opaque muni de fentes étroites, régulièrement réparties en nombre égal au nombre de paires de pôles du moteur. Pour un moteur à quatre pôles, par exemple, le disque porte deux fentes placées sur un même diamètre. Ce moteur est alimenté par un courant alternatif emprunté à la même source que celui traversant l'arc à étudier.

Ce disque, mis en rotation par le moteur au quasi-synchronisme, est interposé sur le chemin des rayons lumineux émis par l'arc et projetés sur un écran par une lentille. L'image de l'arc se trouve donc découverte un instant pour chaque période et, par suite du faible glissement du moteur fonctionnant à vide, on peut l'observer pendant une période complète qui peut se trouver ainsi prolongée pendant 10 à 15 secondes. Il suffit de faire frein sur le moteur pour augmenter le glissement et réduire la durée apparente d'oscillation de l'éclat de l'arc. On peut également observer l'arc directement à travers les fentes du disque, mais le résultat est moins net qu'en employant la projection qui permet de grandir l'image de l'arc. Le même disque portant une série de secteurs alternativement blancs et noirs, en nombre égal pour chacun d'eux au nombre de pôles, permet, à la condition d'éclairer le disque par une lampe à arc ou à incandescence alimentée par le même courant que le moteur, d'observer et de mesurer directement le glissement de ce moteur, en observant et mesurant la rotation inverse apparente du disque monté sur son arbre.

On peut ainsi analyser en quelque sorte la lumière de l'arc et juger de l'influence de la forme des courbes de courant, de la nature et de la qualité des charbons, de la fréquence, des conditions de réglage, etc.

Il serait également possible de cinématographier le phénomène

afin de pouvoir l'étudier à loisir en commandant un cinématographe par un moteur asynchrone et en photographiant l'arc, directement ou après l'avoir projeté.

Dynamomètre de transmission stroboscopique. — Si un arbre moteur A actionne un opérateur B par l'intermédiaire d'un ressort intercalé entre les deux arbres, le produit du couple de torsion de ce ressort par la vitesse angulaire est égal à la puissance transmise par l'arbre A à l'arbre B. On a imaginé un grand nombre de dispositifs pour lire ce couple qui se traduit pratiquement, en général, par un décalage des arbres, proportionnel au couple. Un moyen de lecture très simple, consiste à monter un disque sur chacun des deux arbres, et à juxtaposer les jantes de ces deux disques en y traçant une graduation proportionnelle au couple exercé dans chacune des positions relatives des deux disques. Lorsque le système sera en mouvement, il suffira de l'éclairer une fois par tour, au même instant de la période, pour que l'on puisse lire le déplacement des deux arbres sur la graduation, comme si les disques étaient immobiles.

On se servira avec avantage, dans ce but, du monocle stroboscopique.

Monocle stroboscopique. — Un moteur électrique minuscule, alimenté par deux accumulateurs actionne un disque percé de fentes radiales à travers lesquelles on regarde d'un seul œil, l'autre restant fermé, un système en rotation. A l'aide d'un rhéostat, on peut faire tourner le disque à des vitesses variables que l'on règle, pour que le système, éclairé d'une façon permanente par une source extérieure, paraisse immobile, ou semble tourner très lentement. Le monocle stroboscopique ainsi réalisé permet, s'il est amené au synchronisme, d'observer la graduation du dynamomètre décrit ci-dessus, et de la lire à son aise. S'il tourne avec un certain retard, il permettra l'observation de phénomènes rapides comme s'ils se produisaient avec une lenteur réglable à volonté.

C'est par ce procédé que l'on peut observer, par exemple, toutes les phases d'un moteur à explosion : soulèvement des soupapes, contact et vibrations éventuelles de la came d'allumage, formation du point dans une machine à coudre, lancé d'un organe à mouvement indépendant, etc., etc.

Stroboscope différentiel. — Pour l'étude de moteurs thermiques, MM. Malicet et Blin ont construit pour nous un stroboscope différentiel spécial, avec lequel l'on obtient un éclairage du moteur qu'une fois par chaque *deux* tours du moteur.

Ce résultat est obtenu en montant le disque obturateur muni d'une seule fente sur la couronne du différentiel. L'un des arbres est relié au moteur à étudier par un arbre flexible, et l'autre arbre peut tourner lentement, afin de produire l'effet stroboscopique, sous l'action d'une vis sans fin commandée par une petite manivelle que l'on actionne à la main. On varie la vitesse apparente du mouvement du moteur, en tournant cette manivelle plus ou moins vite : en l'arrêtant, on arrête également le mouvement apparent.

Nous pourrions multiplier les exemples : ceux que nous venons de signaler suffisent pour montrer le rôle important que peuvent jouer les méthodes stroboscopiques — confinées jusqu'ici dans le laboratoire du physicien — en prenant place sur la plateforme des salles d'essais des grandes industries mécaniques et électriques.

2° Strobographes.

Nous appliquons le nom de *strobographes* à tous les appareils d'enregistrement des phénomènes rapidement et lentement variables qui utilisent le principe du stroboscope ou des phases successives. Les strobographes sont le résultat d'une évolution dont la *Méthode par points* de M. Joubert constitue la base essentielle du système et l'*ondographe* le dernier avatar actuel, comme l'établit l'historique suivant :

L'application de la méthode des points successifs à l'étude des alternateurs et au tracé de leurs courbes, est due à M. Joubert (1).

Le condensateur a été appliqué par nous en 1885 pour l'étude des dynamos à courant redressé de M. Anatole Gérard (2).

A la séance du 20 mars 1891 de la *Société française de physique*, M. G. Weiss a dit qu'il utilisait un appareil pour déterminer par points ou d'une façon continue la forme de l'onde d'une machine dynamo, mais il n'a pas décrit l'appareil. M. P. Janet a annoncé,

(1) J. Joubert. Études sur les machines magnéto-électriques. *Annales de l'École normale supérieure*, t. X, p. 131 ; 1881.

(2) É. Hospitalier. Les machines à courant périodique et leur mesure. *L'Électricien* du 19 décembre 1885.

à la même séance, qu'il entreprenait des recherches du même genre, sans décrire davantage aucun dispositif.

M. Blondel, dans la séance du 17 avril 1891, a revendiqué la création d'un appareil enregistreur qui a été construit et décrit ultérieurement (1). L'appareil de M. Blondel trace bien des courbes, mais ces courbes sont enregistrées photographiquement et non pas directement, à l'encre, sur un cylindre enregistreur. De plus, les balais sont mobiles, tandis que les nôtres sont fixes, et l'appareil exige autant de galvanomètres distincts que de courbes à enregistrer, tandis que nous n'employons qu'un seul enregistreur pour toutes les courbes. L'appareil de M. Blondel est commandé directement par la dynamo génératrice, tandis que le nôtre est actionné par un moteur synchrone, ce qui permet de l'installer rapidement en un point quelconque du circuit, et de supprimer le mouvement d'horlogerie commandant le dispositif stroboscopique.

Dans l'appareil de M. F. Drexler (2), le glissement est obtenu par un moteur asynchrone et l'inscription est obtenue par des étincelles. Le glissement d'un moteur asynchrone est trop variable et trop grand pour être utilement employé à l'inscription stroboscopique directe, et le dispositif ne permet pas le repérage exact de courbes tracées successivement, puisque le glissement n'est pas cinématiquement relié à la rotation du cylindre enregistreur.

M. A. Laws (3) remplace le moteur asynchrone par un moteur synchrone et donne un léger retard angulaire aux balais en les faisant tourner par un train d'engrenages; l'enregistrement se fait encore photographiquement.

Le seul appareil traçant directement une courbe de courant alternatif sur un cylindre enregistreur est celui de M. le professeur H.-L. Callendar (4). L'appareil est basé sur le principe du potentiomètre et de l'enregistreur à relais et servo-moteur bien connu de l'auteur. Le tambour est mû par un mouvement d'horlogerie, et l'inscription d'une courbe se fait en une heure, tan-

(1) A. Blondel. Sur la détermination des courbes périodiques des courants alternatifs et leur inscription photographique. *La Lumière électrique*, t. XLI, p. 401 et 507; 1891.

(2) F. Drexler. Ueber eine neue Methode zur selbstthätigen Aufzeichnung von Wechselstrom-Curven. *Zeitschrift für Electrotechnik*, n° 8; 1896.

(3) A. Laws. Alternating current wave recorder. *Western Electrician*, 23 février 1901.

(4) Hugh. L. Callendar. An alternating cycle-curve recorder. *The Electrician*, 26 août 1898.

dis que nous réalisons la même inscription entre dix et trente secondes.

L'ondographe se distingue des précédents par le fait qu'il trace directement une courbe continue sur un papier d'enregistreur, sans photographie, sans mouvement d'horlogerie, sans relai, sans faire tourner de balais, et sans utiliser le glissement essentiellement variable d'un moteur asynchrone fonctionnant à vide.

ONDOGRAPHE. — L'ondographe a pour objet d'inscrire ou d'enregistrer directement, à l'encre, sur une bande de papier, les courbes représentatives d'un phénomène électrique périodiquement et rapidement variable (forces électromotrices, intensités, différences de potentiel, puissances, etc.).

Il est basé, en principe, sur une combinaison de la méthode par points successifs de M. Joubert, de la méthode stroboscopique et des appareils enregistreurs électriques.

La figure 16 montre l'ensemble de l'appareil définitif, tel qu'il est établi par la *Compagnie pour la fabrication des Compteurs et Matériel d'usines à gaz*.

Il se compose essentiellement :

1° D'un *moteur synchrone* à courants alternatifs simples actionné directement par la source électrique dont on veut enregistrer les éléments périodiquement variables;

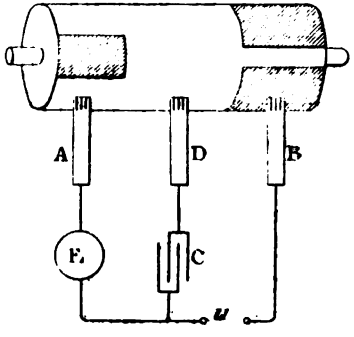


FIG. 15. — Couplage de l'ondographe dans le cas de l'emploi d'un condensateur.

ABD, balais; — C, condensateur à capacité variable; — E, appareil enregistreur; — *u*, points d'application de la différence de potentiel périodique à enregistrer.

2° D'un *train d'engrenages* ayant pour objet d'imprimer à un coupleur ou commutateur tournant une vitesse angulaire telle que, lorsque le moteur a effectué un certain nombre de tours, ce commutateur en effectue un nombre égal (ou un multiple) *augmenté* ou *diminué* de 1. Ce retard ou cette avance, essentiel au système, évite d'avoir à donner une rotation réelle aux balais du moteur;

3° D'un *coupleur* ou commutateur automatique formé d'un noyau cylindrique en matière isolante portant un tube de laiton convenablement découpé sur lequel appuient *trois* balais

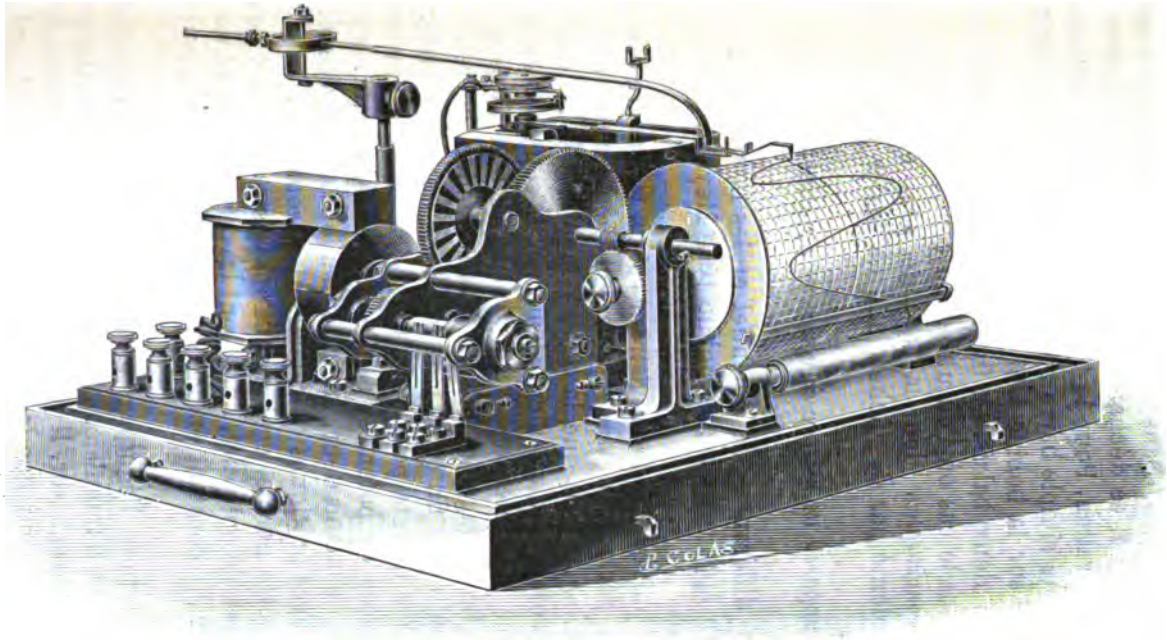


FIG. 16. — Vue d'ensemble de l'ondographe.

Cet ensemble a pour objet de mettre un condensateur successivement en connexion avec : *a*, deux points des circuits où se passe le phénomène périodiquement variable à enregistrer; *b*, un appareil de mesure. Dans la première opération, le condensateur se charge; il se décharge dans l'appareil de mesure dans la seconde opération. Pour le tracé de la puissance, le coupleur se réduit à une simple barre conductrice fermant le circuit une fois par tour sur la bobine à fil fin de l'enregistreur par l'intermédiaire de deux balais. La figure 15 montre le couplage des appareils dans le cas où l'on utilise un condensateur;

4° D'un *condensateur* dont la capacité peut être constante ou variée à volonté par des fiches, afin de régler la sensibilité de l'appareil;

5° D'un *appareil de mesure enregistreur* approprié au phénomène à inscrire.

Pour les différences de potentiel et les intensités, l'enregistreur est un appareil à cadre mobile type Meylan, disposé horizontalement.

Pour les puissances, l'enregistreur est un wattmètre ordinaire; le courant périodique traverse la bobine primaire fixe d'une façon continue, tandis que la bobine mobile à fil fin est placée dans le circuit périodiquement fermé par le coupleur rotatif sur la différence de potentiel définissant le second facteur de la puissance. Le réglage se fait par l'introduction de résistances dans le circuit à fil fin (voir plus loin le puissancegraphe).

La méthode directe peut s'appliquer également à l'inscription des différences de potentiel et des intensités, ce qui supprime l'emploi du condensateur, mais le condensateur présente certains avantages pratiques de réglage et de sensibilité.

Le wattmètre permet également l'enregistrement des courbes de différences de potentiel, en faisant traverser ses bobines fixes par un courant constant emprunté à une batterie d'accumulateurs.

Dans tous les cas, l'équipage mobile de l'appareil enregistreur reçoit une série d'impulsions dont la fréquence est égale à celle du courant à enregistrer. Il présente une inertie et un amortissement calculés pour que la position du cadre mobile à chaque instant corresponde à celle que lui ferait prendre le courant moyen correspondant à la quantité d'électricité qui le traverse pendant une période;

6° D'un *enregistreur* cylindrique ou continu commandé directe-

ment à la vitesse convenable par le moteur synchrone. L'enregistrement se fait à la plume.

Le moteur synchrone à quatre pôles fonctionne sous une différence de potentiel de 110 volts pour des fréquences comprises entre 25 et 60 périodes par seconde.

Le moteur, lancé à la manivelle par un jeu d'engrenages, est

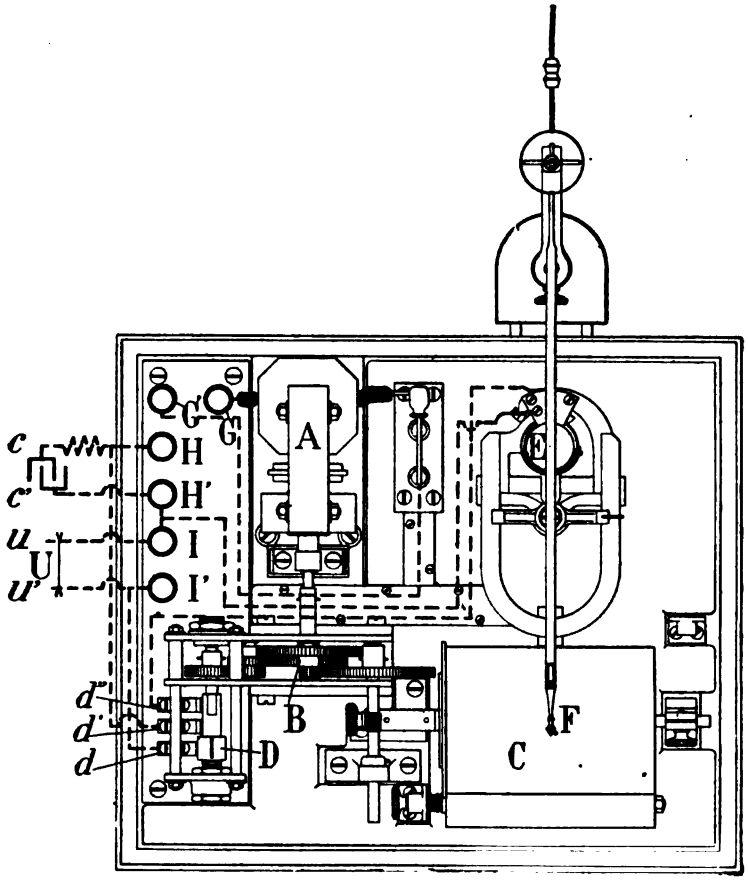


Fig. 17. — Plan de l'ondographe. (Échelle : 1/5.)

A, moteur synchrone ; — B, train d'engrenages ; — C, cylindre enregistreur ; — D, commutateur ; — E, galvanomètre ; — F, plume ; — GG', bornes d'alimentation du moteur ; — HH', bornes du condensateur ; — II', bornes d'attache de la différence de potentiel U à étudier.

accroché lorsqu'il atteint le synchronisme. On utilise, pour déterminer le moment précis où le courant doit être lancé dans le moteur, l'effet stroboscopique d'arrêt apparent d'un disque tournant avec le moteur et portant un nombre convenable de

secteurs alternativement blancs et noirs. Après l'accrochage, la manivelle se dégage automatiquement, par un dispositif analogue à celui de la manivelle d'un moteur d'automobile.

Le moteur commande le commutateur par un jeu d'engrenages combiné de telle façon que lorsque le moteur a fait $\frac{n}{2}$ tours, correspondant à n périodes, le commutateur fasse $\frac{(n-1)}{2}$ tours seulement, avec un glissement régulier et uniforme.

Le cylindre enregistreur fait un tour complet pour trois périodes. Chacune des trois courbes enregistrées correspond à 1 000 périodes et 999 impulsions.

La période complète occupe sur le cylindre une longueur égale à 96 *mm*. L'amplitude peut varier entre 10 et 50 *mm*; on

Fig. 18. — Trousse des accessoires. (Échelle : 1/3.)

la modifie à volonté en agissant sur la différence de potentiel et sur la capacité.

L'ondographe permet de déterminer la fréquence d'un courant alternatif avec précision. Il suffit de déterminer, avec un chronomètre, le temps que met le cylindre enregistreur à faire un tour complet. Comme ce temps correspond à 3000 périodes, ce nombre, divisé par la durée d'un tour en secondes donne la fréquence exprimée en périodes par seconde.

La figure 17 est un plan de l'ondographe à l'échelle de 1/5e, montrant la connexion de l'appareil. La figure 18 représente, à l'échelle de 1/3, la trousse renfermant les accessoires : longue

aiguille, pied, manivelle, encres rouge et noire, huile, alcool pour nettoyer la plume, plume de rechange, papier, etc.

Dans la plupart des enregistreurs à tracé direct, on est obligé de réduire la longueur de l'aiguille commandant la plume, afin que le frottement de la plume contre le papier ne fausse pas l'enregistrement d'une façon sensible. L'emploi d'une aiguille courte commandant la plume à la manière ordinaire, nécessité par la faiblesse du couple directeur et le frottement de la plume, présente plusieurs inconvénients :

1° Les ordonnées curvilignes ont un rayon de courbure relativement petit, et la courbe enregistrée subit, de ce fait, une déformation souvent gênante ;

2° La trajectoire curviligne décrite par la plume l'empêche de porter bien exactement sur tous les points du cylindre enregistreur, dont elle décrirait une génératrice si le rayon était infini. Dans ces conditions, une plume bien réglée inscrit par points dans certaines parties, appuie fortement sur le papier dans d'autres parties, et n'appuie plus du tout sur les parties correspondant aux plus longues ordonnées ;

3° La tige portant la plume devait être à la fois *rigide* pour la direction et *flexible* pour l'inscription ; il est difficile de réunir dans un même organe ces deux qualités contradictoires.

Pour réduire ces inconvénients dans une large mesure, nous employons un dispositif qui consiste, en principe, à séparer, tout en les laissant solidaires, l'organe de direction et l'organe d'inscription, et à réaliser, avec un système directeur de faible rayon, un enregistrement dont les ordonnées ont un rayon assez grand pour que l'inscription se rapproche sensiblement de celle que donnerait un enregistreur dont la plume décrirait un arc de cercle de rayon infini.

L'appareil d'enregistrement se compose de deux organes distincts : l'aiguille directrice et la plume d'inscription.

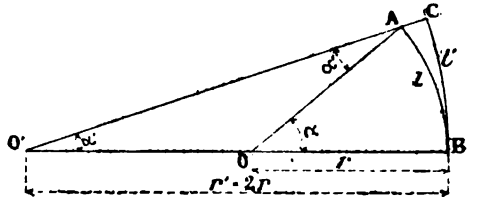


Fig. 19. — Redressement des ordonnées d'un tracé d'enregistreur.

L'aiguille directrice est un levier rigide monté sur l'appareil de mesure, et dont l'extrémité la plus éloignée de l'axe de rotation se termine par une broche qui vient s'engager dans une rainure ménagée sur le levier portant la plume. Cette broche décrit, pendant

l'enregistrement, le chemin que décrirait la plume de l'enregistreur ordinaire pendant la rotation du cylindre portant le papier.

La plume d'inscription est constituée par un levier de grande longueur, dont l'une des extrémités pivote autour d'un axe parallèle à celui de l'enregistreur, mais en est éloigné d'une distance sensiblement égale à la différence des longueurs des deux leviers. Son autre extrémité, terminée par une rainure dans laquelle vient s'engager la broche de l'aiguille directrice et porte, un peu au delà de cette rainure, la plume inscrivante.

Dans l'ondographe actuel, l'aiguille directrice a 18 *cm* de longueur, tandis que le levier commandant la plume a une longueur double, soit 36 *cm*. Dans ces conditions, il est facile de démontrer que la différence de longueur entre les deux ordonnées curvilignes, l'une correspondant à la valeur théorique, pour l'aiguille de 18 *cm*, et l'autre, à l'ordonnée redressée de 36 *cm* de longueur, est absolument nulle. En effet, si l'angle α décrit par l'appareil de mesure est proportionnel à la grandeur à mesurer, il est facile de voir, sur la figure 19, qu'en faisant $OO' = r = \frac{r'}{2}$, le triangle OO'A est isocèle il en résulte que

$$\alpha = 2\alpha'.$$

L'arc AB de longueur l est égal à l'arc BC de longueur l' et l'appareil reste rigoureusement proportionnel.

On comprend que, dans ces conditions, pendant que la broche décrit un arc de cercle de petit rayon, la plume décrit un arc de grand rayon : en donnant au levier qui la porte une longueur suffisante, cet arc peut, dans les limites de la largeur du cylindre, se confondre sensiblement avec la tangente en son milieu. Le point de contact de la plume avec le papier s'éloigne ainsi fort peu d'une génératrice, et l'inscription se fait avec une égalité parfaite dans toute l'étendue du cylindre. La plume et son levier peuvent donc être proportionnés pour satisfaire aux conditions de souplesse et de réglage de l'inscription, et de l'inscription seule, puisque la direction de la plume est confiée à un autre organe auquel on donne, de son côté, toute la rigidité nécessaire pour remplir exactement cette fonction directrice.

Le levier est articulé à son attache par un joint à la Cardan qui permet à la plume de se déplacer librement et d'exercer sur le papier une pression constante réglée par son propre poids, en partie équilibré par un contrepoids à vis mobile à volonté. L'axe vertical permet les déplacements pour la direction, l'axe

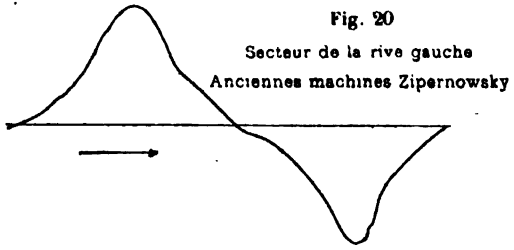


Fig. 20

Secteur de la rive gauche

Anciennes machines Zipernowsky

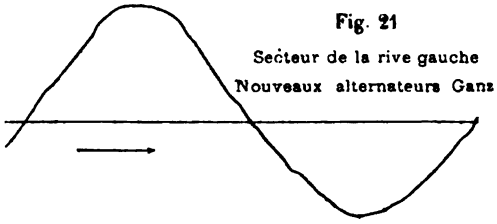


Fig. 21

Secteur de la rive gauche

Nouveaux alternateurs Ganz

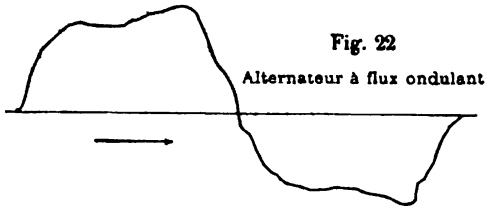


Fig. 22

Alternateur à flux ondulant

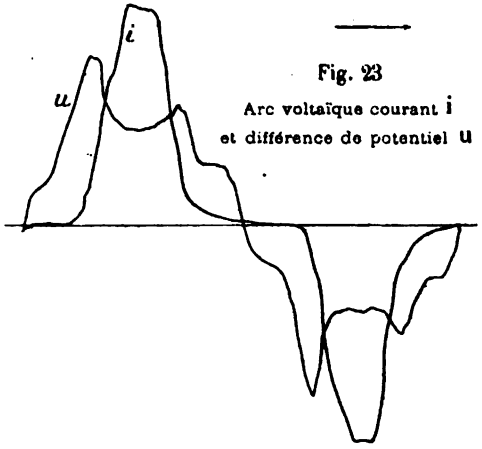


Fig. 23

Arc voltaïque courant i

et différence de potentiel u

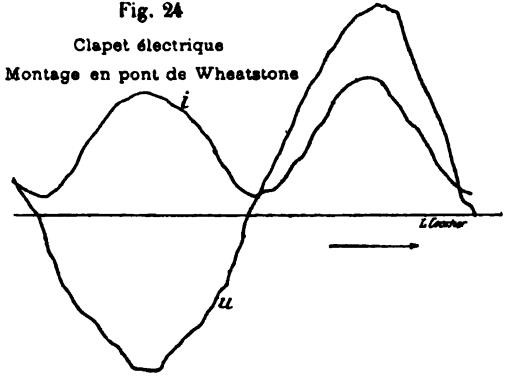


Fig. 24

Clapet électrique

Montage en pont de Wheatstone

horizontal, les légers déplacements en hauteur nécessités par le mouvement de la plume sur le cylindre enregistreur.

L'inscription de la courbe se fait presque rigoureusement sur la génératrice du cylindre, et la plume, plus indépendante et plus facilement réglable, ne produit plus aucun raté d'inscription.

L'ondographe se prête aussi à l'étude des courants redressés ou continus. Il suffit, pour cela, de substituer au moteur synchrone une commande directe, en établissant une liaison mécanique invariable entre l'arbre de la machine à étudier et l'ondographe. L'appareil est étudié en vue de rendre le montage du moteur facile et rapide. A cet effet, le moteur est amovible, et peut être remplacé par un arbre flexible dont l'une des extrémités se fixe sur l'ondographe, et l'autre extrémité sur la machine à étudier, en fixant sur le bout de son arbre un axe de 8 *mm* de diamètre.

L'ondographe est surtout utile aux constructeurs de dynamos, de moteurs et de transformateurs; aux usines centrales par courants alternatifs; aux fabricants de câbles à haute tension, qui ont un si grand intérêt à connaître la forme des courants alternatifs auxquels leurs câbles sont soumis; aux écoles industrielles, aux laboratoires de recherches et aux laboratoires d'enseignement pour lesquels il rend visibles et immédiats des faits dont l'explication est souvent difficile et pénible.

Les courbes obtenues à l'aide de l'ondographe sont innombrables. Notre collection en compte déjà plusieurs centaines. Nous reproduisons ici, à titre d'exemple, les courbes de tension fournies par le Secteur de la Rive gauche *(fig. 20 et 21)* et celle d'un alternateur à flux ondulant *(fig. 22)*. La figure 23 montre le courant *i* et la différence de potentiel *u* aux bornes d'un arc voltaïque alimenté par le Secteur de la Rive gauche sur 110 volts, avec résistance en circuit et charbons homogènes. La figure 24 est relative à un clapet électrolytique monté en pont de Wheatstone. Elle montre le redressement du courant *i* par rapport à la différence de potentiel alternative *u*.

Phénomènes non périodiques. — L'application de l'ondographe et, plus généralement, de la méthode stroboscopique, n'est pas limitée aux phénomènes périodiques. Elle peut s'étendre à tout phénomène de courte durée, pourvu qu'il puisse se reproduire identiquement à lui-même d'une façon périodique par répétition. Nous

signalerons, à titre d'exemple, une courbe de décharge d'un condensateur sur self-induction, courbe de décharge de nature oscillante. La durée de chaque demi-oscillation est de 1/400e de seconde. Avec l'ondographe à mouvement différentiel, qui permettra de retarder la durée d'inscription à volonté, on obtiendra l'inscription d'un phénomène durant 1/2000e ou 1/3000e de seconde, *directement avec une plume sur une bande de papier*, résultat qui n'a jamais été obtenu jusqu'à ce jour.

Puissancegraphe. — Pour tracer la courbe de la puissance instantanée fournie à un circuit, on emploie, comme appareil de mesure, un compteur Thomson monté en wattmètre : l'axe du compteur est soumis à l'action de deux ressorts en spirale qui amènent le courant à l'induit mobile, ce qui supprime les balais. Le courant principal traverse les bobines fixes et la bobine mobile à fil fin est mise en dérivation, une fois par période et pendant un instant très court, par l'intermédiaire du commutateur et des balais, avec la différence de potentiel définissant la puissance à mesurer. A cet effet, le commutateur tournant est constitué par un cylindre en ébonite dans lequel est incrustée, suivant une génératrice, une simple bande de laiton de largeur convenable.

La durée du contact est réglée par la largeur de cette bande. On peut la modifier à volonté en déplaçant les points de contact des deux balais sur la bande. Le réglage de la durée du contact permet de modifier la sensibilité de l'appareil, sensibilité sur laquelle on agit également en introduisant une résistance variable dans le circuit à fil fin du wattmètre.

Sous l'influence des impulsions successives que la bobine reçoit, par le fait des courants intermittents qui la traversent et du courant alternatif principal, la bobine fait, avec sa position d'équilibre, un angle proportionnel à la puissance, à chaque instant de la période, définie par la position du commutateur, et entraine directement ou indirectement la plume de l'enregistreur.

Cette proportionnalité résulte du fait que l'angle décrit par la bobine mobile autour de sa position d'équilibre ne dépasse jamais 10 à 12 degrés de chaque côté du zéro : dans ces conditions, l'enroulement en tambour du wattmètre peut être considéré comme n'ayant subi aucun déplacement au point de vue des actions électrodynamiques.

Le disque d'aluminium du compteur sert à donner au système l'inertie et l'amortissement nécessaires au fonctionnement normal de l'appareil. Ce fonctionnement normal correspond à l'amortissement critique d'une part et, d'autre part, à une durée d'oscillation comprise entre la période du phénomène à enregistrer et la durée de l'enregistrement d'une période.

Pressiographe. — L'ondographe a inspiré à M. Brocq l'idée de réaliser un appareil auquel il a donné le nom de pressiographe. Le pressiographe est au manographe ce que l'ondographe est à l'oscillographe. Le pressiographe utilise la méthode stroboscopique et l'enregistrement à la plume à l'inscription du diagramme des pressions dans un moteur thermique à grande vitesse.

L'appareil de mesure est constitué par un cylindre rempli d'huile sur laquelle revient s'exercer, une fois par tour, la pression à enregistrer, par l'intermédiaire d'un petit distributeur. Ce piston est soumis à l'action d'un ressort antagoniste et suit lentement, stroboscopiquement, les variations de pression qui lui sont communiquées.

Dans un modèle plus récent, actuellement à l'étude, nous avons remplacé le piston avec ressort antagoniste par un tube de Bourdon rectiligne et tordu en hélice autour de son axe de figure. La pression intérieure tend à détordre l'hélice d'un angle proportionnel à la pression, ce qui rend l'appareil plus simple.

La strobographie n'a encore été appliquée qu'aux phénomènes électriques et à l'étude de la variation des pressions dans les moteurs thermiques à grande vitesse, mais son domaine n'est pas limité à ces cas particuliers. Nous entrevoyons déjà un certain nombre d'applications industrielles dans lesquelles elle pourra rendre d'utiles et précieux services, et ce sera pour nous un grand honneur d'avoir appelé l'attention des Ingénieurs civils de France sur ces méthodes fécondes et dont nous venons de faire connaître les premiers résultats.

SUR

L'OBSERVATION ET L'ENREGISTREMENT DE PHÉNOMÈNES PÉRIODIQUEMENT ET RAPIDEMENT VARIABLES

TABLE DES MATIÈRES

Considérations générales. 314

Méthodes directes.

Oscillographes 316
Manographe 323

Méthodes indirectes.

Stroboscopes. 328
Arcoscope. 330
Monocle stroboscopique. 331
Stroboscope différentiel. 332
Strobographes. 332
Ondographe. 334
Puissancegraphe. 343
Pressiographe. 344

LA DACTYLE ÉLECTRIQUE

PAR

M. O. ROCHEFORT

Au mois de juin 1896, j'ai eu l'honneur de présenter, ici même, une étude sur les machines à écrire, dans laquelle j'ai fait la description d'une machine due à M. Blickensderfer, de Stamford (Connecticut, États-Unis d'Amérique), machine à écrire connue sous le nom de Dactyle.

Après un intervalle de sept années, c'est une machine Dactyle perfectionnée que je vous présente, et le perfectionnement est si important, que la machine, bien que reposant sur le même principe, est une invention absolument nouvelle.

C'est un moteur électrique qui prête sa force au dactylographe pour lui enlever tout effort destiné à l'impression et aux manœuvres du chariot. Le nouvel appareil, dû au génie du grand mécanicien qu'est M. Blickensderfer, est un vrai chef-d'œuvre de mécanique.

On peut d'abord se demander quel intérêt il y a à compliquer l'appareil, relativement simple, qu'est la machine à écrire et à y ajouter un moteur. Une telle machine ordinaire est destinée à poser successivement des cachets qui s'encrent automatiquement et qui, par leur retour même à la place de repos, poussent d'un cran le rouleau supportant le papier. Le travail n'est pas si grand et enfoncer la touche si fatigant.

Demandez au dactylographe de profession qui, à l'allure de quarante-cinq mots à la minute, travaille dix heures par jour, s'il n'est pas fatigué à la fin de sa journée, après ses 162000 frappes imprimantes et les grands mouvements faits en ramenant le chariot à la fin des lignes et pour les interlignes.

Dans les machines ordinaires, deux causes importantes de fatigue sont: 1° la préoccupation de la régularité du toucher qui donne la régularité d'impression et 2° la nécessité de soulever un doigt placé sur une touche pour le laisser remonter complètement avant de commencer à abaisser la suivante.

Toutes ces causes de fatigue, d'attention et d'énervement réduisent le temps passé à dactylographier pendant une journée

Fig. 1.

déterminée et pendant la dactylographie même, réduisent le nombre de mots écrits à la minute.

On peut dire qu'il y a entre la machine à écrire électrique et les machines à écrire ordinaires, la même différence qu'entre les presses rotatives à imprimer mues par moteur et les presses à balancier qu'employait Gutenberg, où l'application du papier et la pression sur ce papier étaient faites par un balancier réglé à la main.

Un docteur en médecine, M. le docteur Bardet (1), qui emploie la Dactyle électrique pour ses travaux scientifiques, a écrit à ce propos une page si intéressante que je me permettrai de la citer toute entière.

« La machine à écrire est aujourd'hui entrée dans les mœurs; non seulement les écritures commerciales, mais encore les écritures officielles sont faites avec cet appareil ; plus nous allons et plus sa vulgarisation se fait dans toutes les classes de la société: journalistes, romanciers, savants, tout le monde apprécie ses qualités remarquables. La Dactyle électrique apporte un nouveau perfectionnement à ce merveilleux outil de la pensée et il n'est pas douteux qu'elle n'accomplisse à bref délai une véritable révolution dans la dactylographie. Dans cette machine, pourvue d'un moteur électrique, toute la force nécessaire est empruntée à l'énergie électrique, sans que l'écrivain ait à faire autre chose que d'effectuer un léger mouvement d'embrayage, presque imperceptible. Aussi, plus de hâte, plus de nervosité, le dactylographe n'a plus l'air de se livrer à une course désespérée après un tas de petites choses blanches et noires, qui sont les touches, il tient froidement ses mains appliquées sur le clavier et peut écrire avec un calme parfait, car son temps est libre ; n'étant plus occupé à produire un travail matériel, il peut penser plus librement et plus calmement à ce qu'il rédige. Et là, d'après notre expérience, est le point capital dans le progrès obtenu, car l'usage journalier et exagéré de la machine ne laisse pas d'avoir des inconvénients; les sujets nerveux notamment peuvent éprouver des accidents du genre de la crampe des écrivains ou peuvent être gravement incommodés par l'action saccadée de leur appareil, tandis qu'avec la Dactyle électrique l'action est d'un si grand calme que l'énervement devient presque impossible. »

Passons maintenant à la description de la machine électrique.

(1) Extrait du journal *La Vulgarisation Scientifique.*

Le clavier.

Elle a trente-trois touches au clavier et une barre d'espacement qui fait le tour de ce clavier. Vingt-huit des touches permettent chacune d'imprimer trois signes (en général, une minuscule, la majuscule correspondante et un chiffre ou un signe de ponctuation). Nous avons donc 84 caractères à notre disposition.

Deux touches servent, l'une à passer du clavier minuscule au clavier majuscule, et l'autre du clavier minuscule au clavier chiffre. Une de ces touches enfoncée peut être maintenue en place par une sorte de verrou, qui permet de garder tout le clavier choisi pendant le nombre d'impressions successives désirées.

Trois touches servent:

La première (R). à faire aller le chariot à droite, c'est-à-dire à ramener le chariot pour commencer une ligne nouvelle. Simplement en maintenant cette touche abaissée, le chariot se met en marche et s'arrête à fin de course, à la marge choisie, et l'interligne, préalablement fixé, se trouve fait automatiquement.

La deuxième (A) sert à faire avancer le chariot vers la droite. Elle est surtout destinée à l'usage d'un appareil accessoire, « le tabulateur » automatique, qui sert à écrire des suites de nombres en les alignant par unités de même rang dans le sens vertical.

La troisième (S) (stop) immobilise le chariot pour permettre de faire frapper plusieurs fois sur le même point des caractères différents pour mettre les accents, faire des signes combinés.

La barre d'espacement fait le tour du clavier. On peut facilement l'atteindre d'un point quelconque du clavier. Ainsi, sauf la mise du papier, tout se fait sans lever les mains du clavier et sans mouvements de grande amplitude.

La roue porte-type « le barillet » porte 84 caractères en trois couronnes de vingt-huit, correspondant chacune à un des trois claviers. Elle se change facilement et permet d'avoir des caractères différents.

L'encrage se fait par un tampon qui passe sur le caractère du barillet qui va être imprimé.

L'écriture est visible du commencement de la page à la lettre même qu'on fait imprimer.

Le papier est supporté, à mesure qu'il monte à chaque ligne, par un léger support attaché au chariot et se mouvant avec lui.

A gauche du chariot est un margeur qui peut donner toutes les marges désirées, de 2 en 2 *mm*.

A droite, il y a un timbre qui est mis en marche par l'impression de la sixième lettre avant la fin de la ligne. La fin de ligne est réglée par un curseur attaché au chariot. On ne peut, à fin de ligne, écrire deux caractères l'un sur l'autre, le mécanisme imprimant se trouvant bloqué par le curseur de fin de ligne.

A l'arrière est le moteur électrique qui consomme 0,3 ampères sur 110 volts, soit la consommation d'une lampe de 16 bougies. Il tourne à 2 000 tours par minute, et permet une impression ou un intervalle de mot par tour. A gauche est le bouton de mise en marche ; il permet l'arrêt et la marche à deux vitesses : 1 200 et 2 000 tours.

Le courant est amené au moteur par un fil double de lumière terminé par une douille s'adaptant aux prises de lampe à incandescence ordinaires.

Le moteur peut être alternatif et, dans ce cas, est muni aussi des deux vitesses.

Fonctionnement.

La prise de courant choisie, reliée à la machine, on place le papier comme dans une machine ordinaire ; puis on tourne le bouton de mise en marche qu'on place sur le premier contact, le moteur se met à tourner à 1 200 tours à la minute. On appuie ensuite sur la touche R de retour du chariot, le chariot est saisi par le moteur qui le ramène rapidement à droite et le margeur l'arrête en position de commencer une ligne.

Le doigt appuie sur la touche du caractère désiré et la mise en prise du moteur vient imprimer sur le papier le caractère. La pression du doigt sur la touche a été infime : quelques grammes ; la touche a baissé de 2,5 *mm* environ et cet abaissement a suffi pour que l'impression se soit faite. En un tour, c'est-à-dire en 60/1 200 ou 1/20 de seconde à la plus petite vitesse, et à 60/12 000 ou 1/33 de seconde à la grande vitesse, l'impression du caractère est faite, le chariot a avancé d'un espace et le barillet s'est remis en place prêt à l'impression suivante. A ces vitesses la relevée du doigt serait impossible et on imprimerait plusieurs fois le même caractère. Le levier de bouton ne peut enclancher le mécanisme qu'une fois par abaissement et on peut laisser une touche abaissée sans empêcher d'en abaisser d'autres

pour l'impression d'autres caractères. Ceci permet à l'opérateur de laisser son doigt sur la touche pendant qu'il en actionne une ou plusieurs autres successivement de ses autres doigts et de relever plusieurs doigts en même temps. Le toucher est très peu fatigant, tous les doigts sont employés et la vitesse n'existe que pour les abaissements successifs des touches et pas pour les relevées.

Le caractère étant porté sur le papier par un mouvement mécanique, toujours le même, l'impression de chaque lettre est toujours égale et la régularité de frappe parfaite, aussi bien sous les doigts du débutant que sous ceux du dactylographe exercé ; ni l'un ni l'autre ne faisant l'impression, mais l'indiquant, pour ainsi dire, au moteur.

Description du mécanisme. — Le moteur.

Le moteur est placé à l'arrière de la machine. Il est du type dit tortue, à enroulement Siemens et donne sur 110 volts 1 200 et 2000 tours, au moyen d'un rhéostat à deux plots. C'est le

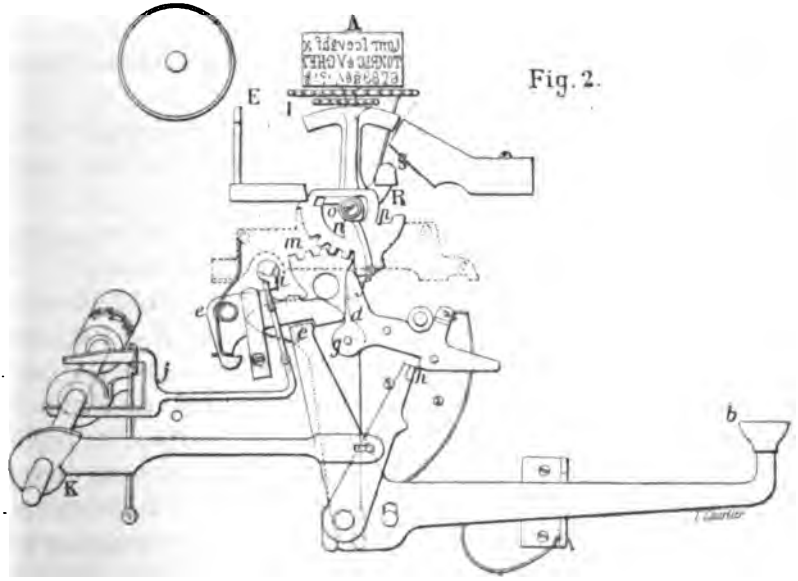


Fig. 2.

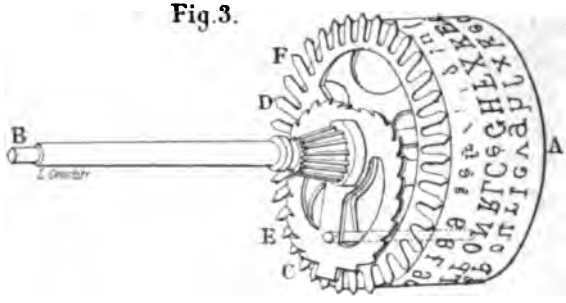
moteur pour courant continu. Le moteur pour l'alternatif est aussi du type tortue ; ils donnent 1/50 de cheval environ tous deux.

Le moteur tourne libre et est embrayé pour imprimer un caractère, puis débrayé automatiquement.

Pour comprendre le mécanisme imprimant, examinons la figure 2, donnant la vue de l'ensemble du mécanisme pour une touche, avant que cette touche ne soit enfoncée.

Le barillet imprimant (A) *(fig. 3)* tourne autour d'une tige (AB) et est reliée par une manivelle (C) au mouvement d'un pignon

Fig.3.



(D). Deux pièces sont clavetées sur le pignon et à la manivelle, l'une (E), en forme de cœur, est bordée de vingt-huit crans sur son pourtour ; l'autre (F), au-dessus, est une sorte de roue dentée à vingt-huit dents.

Le mouvement de l'ensemble (D E F C) est rotatif autour de l'axe (A B), qui s'abaisse d'un certain angle dans un plan perpendiculaire au rouleau porte-papier, entraîné, dans ce mouvement de descente, par le satellite D.

L'arbre A B ne tourne pas avec le satellite, mais est entraîné par lui dans son mouvement de descente vers le rouleau porte-papier.

Ce mouvement de A B a lieu autour d'un autre axe projeté en G dit « axe d'action » *(fig. 2)*. Le double mouvement de rotation et de descente du satellite est produit par le roulement de ce satellite sur un des secteurs dentés, figurés en H et I figure 2. Nous voyons le secteur (H) *(fig. 4)* de droite, immobile, et le roulement est produit par le mouvement en avant du secteur (I) de gauche. Le secteur I s'abaissant vers le rouleau, le barillet tourne et s'avance vers le papier. Quand le mouvement de rotation a amené en face du papier le caractère correspondant à la touche frappée, le mouvement de rotation s'arrête et un verrou, dit « doigt supérieur » (J) (qui a vu passer devant lui immobile les dents de la pièce de cœur, tellement calculée qu'elle augmente de rayon, quand son axe s'abaisse), vient se placer dans le cran de la pièce de cœur correspondant à la touche.

Les deux secteurs H et I, la pièce de cœur et l'axe qui porte

le barillet sont réunis et peuvent s'abaisser ensemble tournant autour de G vers le papier. Avant de toucher le papier et après l'encrage du caractère, l'étoile rectificative F entre un de ses crans dans l'assureur E et assure la parfaite rectitude du mouvement de rotation du barillet. L'ensemble est appelé action.

Voyons comment ce mouvement du secteur I, du doigt J et de l'abaissement de l'ensemble de l'action, peut se produire par la pression sur la touche embrayant le moteur.

(Fig. 2). La touche *ab* est axée en *a*; elle forme un levier *ac* accroché à l'état de repos dans le cran *c* de la pièce *ecd*.

(Fig. 4). Cette pièce *ecd* pousse *fgh* et le fait accrocher le châssis levier *ha* ; en même temps, *ecd* tire le levier d'embrayage *ij*. Ces trois petits déplacements de *ecd*, de

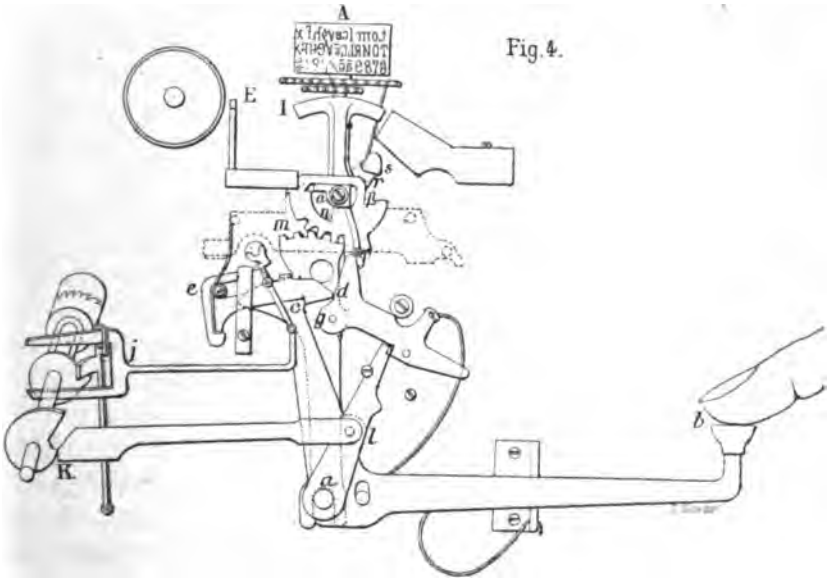


Fig. 4.

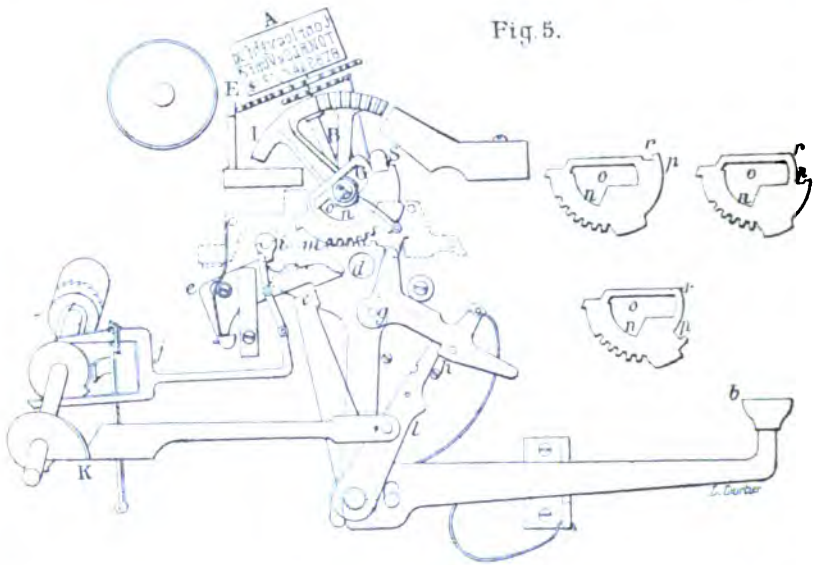
fgh et de *ij* sont les seuls demandés à la force du doigt. Ils ne sont que des accrochages et ne commencent en rien l'impression.

Immédiatement le moteur est embrayé. Par l'escargot *k*, il pousse la bielle *kl*, et le châssis *ah* est avancé d'un certain angle. toujours le même pour toutes les touches. Ce châssis entraîne de cet angle la pièce *agm*, tirée par le crochet *gh*; la pièce *ecd* est soulevée par une partie de *agm* et décroche la touche *edb*, qui devient libre. Le mouvement continue sans que *edb* y participe.

A ce moment, entre en jeu l'importante pièce *nop*. Cette pièce relie le mécanisme d'action au mouvement du moteur; elle a une forme spéciale pour chaque touche correspondante de droite et de gauche. Elle a la forme figurée à part *(fig. 5)*. Au repos, elle est portée vers la gauche, et l'axe tubulaire *o*, qui a la forme indiquée au croquis, peut tourner dans la pièce *nop* sans la toucher par sa came. L'axe tubulaire à came fait partie du secteur I et règne sur tout le côté droit de la machine, soit sur quatorze touches; l'axe tubulaire du secteur H est symétrique. Pour chaque touche, il y a une pièce différente *nop*, et elles diffèrent entre elles par le rayon *on* et la distance *pr*.

Revenons à la figure 2. Nous voyons que la pièce *nop* est sur le point d'engrener avec la pièce *am*; le rayon *am* est calculé pour cela *(fig. 4)*; la pièce *am* va être tirée par la pièce *gh* d'un

Fig. 5.



angle toujours le même *(fig. 5)*. La pièce *am* porte vers la droite la pièce *nop*, puis, quand elle est à fond, la fait tourner; elle a, par le premier mouvement, saisi la came du secteur I, par la rotation le fait tourner; après un certain mouvement de rotation, le cran *rp* vient toucher le levier *s* qui commande le doigt supérieur J, et ce verrou J entre dans la pièce de cœur. L'action est verrouillée, le mouvement de rotation du barillet terminé et la lettre est en face de la place d'impression. Le mouvement de

descente vers le papier se continue alors deux fois plus rapide, et le caractère est imprimé.

Nous voyons donc que le mécanisme est le même pour chaque lettre; seuls diffèrent, pour faire imprimer une lettre spéciale, les rayons *am* de la pièce *am*, la hauteur *rp* dans les pièces *nopr*.

On peut se demander pourquoi les rayons *am* et ceux correspondants *on* diffèrent d'une lettre à l'autre, car l'angle que décrit *am* est le même pour toutes les touches, et l'angle à produire pour que l'axe du barillet AG s'incline vers le papier est aussi constant. Cela vient de ce que le mouvement angulaire de l'axe AG est d'abord produit par la rotation du satellite qui est demi du mouvement angulaire du secteur I, mouvement commandé par la pièce *nopr*, puis, cette pièce, quand le verrou est en place, fait descendre l'axe du barillet, avec la vitesse du secteur I lui-même. L'angle total décrit par *nopr* diffère d'une lettre à l'autre et c'est en changeant les rayons *on* et *am* qu'on peut obtenir celui qui convient.

Sauf ces trois dimensions *on*, *am*, *pr*, toutes les pièces sont les mêmes pour chaque touche.

Le barillet monte en même temps que l'axe pour changer de clavier par un jeu de came et de verrou commandé par deux touches, qui permet à cet axe de monter sans que les autres mouvements changent, comme dans la Dactyle ordinaire.

La longue manivelle qui passe dans un œillet du barillet le fait tourner, quelle que soit la hauteur de ce dernier.

L'impression faite, le mouvement de rotation du moteur fait reculer, par une came en limaçon, l'embrayage qui est à griffe, la remontée de l'action se fait par des ressorts appropriés. Si la came de touche *bac (fig. 2, 4, 5)* est baissée, elle reste basse, sans rien produire; si elle est remontée, elle se place dans le cran *c* prête à produire un nouvel embrayage et un nouvel enclenchement.

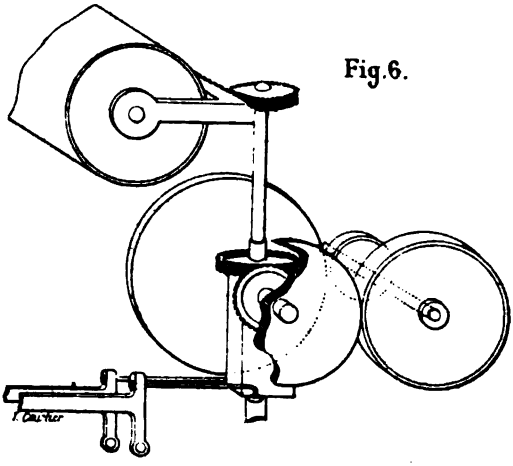
Tel est le mouvement transmettant, par un léger enfoncement d'une touche, l'ordre au moteur d'imprimer un caractère donné.

Le mouvement d'avancement du chariot, après chaque impression, est produit par le retour du châssis *ah* qui pousse un cliquet agissant sur une crémaillère, placée sous le chariot porte-rouleau.

Pour ramener automatiquement le chariot à droite ou à gauche, par les touches, un embrayage à double frottement agit sur un pignon engrené avec une crémaillère, placée à l'arrière du cha-

riot *(fig. 6)*. Une barre de traction est reliée à chaque touche et, en baissant la touche, une poulie frottant sur une poulie correspondante de l'arbre du moteur, met le pignon en mouvement qui ramène le chariot du côté correspondant à la touche.

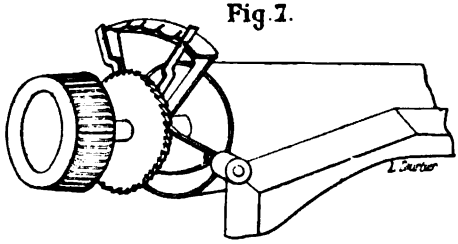
Fig.6.



Une rampe *(fig. 7)*, convenablement disposée, agit sur une roue à rochet qui commande le mouvement de montée du papier. La figure montre clairement cette disposition. En attaquant la rampe plus ou moins bas, le mouvement est plus ou moins grand.

Tels sont les principes mécaniques de cette machine à écrire

Fig.7.



nouvelle et qui est absolument originale comme conception et comme exécution.

La frappe peut être si irrégulière, si faible et si rapide, qu'on peut faire écrire sur la machine par une autre machine mue électriquement : des bras portant des boutons renversés comme position forment un clavier qui peut se placer sur le clavier complet de la machine électrique.

Ces bras sont mus, comme les dents de peigne d'une boîte à

musique, par un cylindre portant des cames convenablement appropriées.

L'enfoncement successif des cames fait appuyer sur la touche correspondante le levier, et la Dactyle électrique écrit ce que la machine écrivante lui fait imprimer : une ligne composée d'une phrase, toujours la même et qui contient tous les signes de la machine. Une longue bande de papier est placée en un rouleau derrière le chariot et le déroulement est continu à chaque ligne.

La machine peut ainsi fonctionner absolument seule et imprimer sa phrase avec une rapidité extraordinaire, pendant des heures.

C'est ainsi qu'on essaye les machines à écrire *Dactyles électriques* et qu'on les rode pour l'usage.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. Henri LASNE

PAR

M. Auguste MOREAU

La Société vient de faire, le 9 janvier dernier, une perte cruelle en la personne de Henri Lasne, entré dans nos rangs en 1880, décédé à Montmorency, entouré de sa famille et de ses amis, après une longue et douloureuse maladie.

Ses obsèques ont eu lieu le 12 janvier au milieu d'une grande affluence d'Ingénieurs, d'Industriels, d'hommes de science appartenant aux principales Sociétés savantes et techniques. Au cimetière, notre Vice-Président, M. A. Moreau, camarade de promotion et ami intime du défunt, au nom de ses camarades et de la Société des Ingénieurs Civils de France, prononça le discours suivant, dans lequel il retraça la carrière de Henri Lasne et sa belle existence tout entière consacrée au travail :

« Au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France et de la Promotion de 1872 de l'École Centrale dont il était un des plus brillants représentants, je viens adresser un dernier adieu à notre malheureux camarade couché là dans son cercueil, endormi pour l'éternité.

» Né à Rouen, le 5 février 1849, Henri Lasne fit de brillantes études au collège de cette ville et, en 1868, il obtenait les deux diplômes de bachelier ès lettres et ès sciences.

» Entré dans les premiers à l'École Centrale l'année suivante, il en sortait, en 1872, avec le n° 15 et le diplôme d'Ingénieur chimiste. Sa vocation s'était, en effet, nettement dessinée, et quoique très largement doué pour comprendre et s'assimiler toutes les sciences, il ressentait un goût spécial et une attraction particulière pour la chimie dont il fit sa carrière.

» A sa sortie de l'École Centrale, en 1873, il alla se perfectionner au laboratoire des hautes études de la Sorbonne, dirigé à cette époque par le distingué professeur Schutzemberger. Puis

il entra immédiatement dans l'Industrie et, de 1873 à 1887, il fut Ingénieur et Directeur technique de l'usine de produits chimiques de Javel.

» En 1887, on venait de découvrir, dans la Somme, les gisements de phosphate de Beauval; il fonda immédiatement la maison en participation R. Lasne et Cie, qui exploita, à Doullens, une partie ces de gisements jusqu'en 1894.

» Depuis cette époque il dirigeait à Paris, 10, passage Saulnier, le laboratoire de chimie, d'analyses et de recherches, qu'il y avait fondé et où la mort est venue le surprendre après que la maladie l'eut longtemps affaibli avant de le terrasser.

» Voilà, résumée en quelques mots, la carrière industrielle de Henri Lasne.

» Mais à côté de ces travaux purement professionnels, notre ami consacrait tous ses loisirs, ses soirées et souvent ses nuits, à des travaux scientifiques du plus haut intérêt et qui lui ont valu des honneurs et des distinctions comme les palmes d'Officier d'Académie, plus tard celles de l'Instruction publique et, tout récemment, en 1899, la médaille d'or de la Société Nationale d'Agriculture pour ses beaux travaux sur les origines des phosphates.

» Ce travailleur infatigable ne prenait, en effet, jamais de repos; dans les conversations les plus familières avec ses intimes, s'il savait être écouté, il se complaisait dans les conceptions les plus savantes et trouvait un plaisir particulier à s'abandonner aux spéculations scientifiques de l'ordre le plus élevé.

» Ce perpétuel travail cérébral, qui a caractérisé Henri Lasne, explique trop aisément comment il est mort à la fleur de l'âge, alors qu'il était en droit, de par sa belle constitution et sa vie des plus régulières, de vivre encore de longues et belles années pour la plus grande joie de sa famille et de ses nombreux amis. Mais cette nature d'élite, poussée par son besoin impérieux de faire de la Science, était constamment en gestation d'idées ou enfantement d'ouvrages, de brochures, de mémoires, tous frappés du sceau d'une haute et vive intelligence et d'une incomparable puissance de travail.

» Les Sociétés savantes dont il faisait partie, et elles sont nombreuses, pourraient en témoigner en montrant simplement leurs bulletins, en rappelant les conférences qu'il y a faites; nous ne pouvons nous dispenser de citer la Société de Météorologie dont il fut trois fois secrétaire, ce qui le conduisit à être secrétaire

du Congrès international de Météorologie de 1889; la Société chimique de Paris, la Société de Géologie de France et du Nord, la Société des Ingénieurs Civils de France, etc., etc.

» Ses tendances et ses sympathies étaient tout entières dirigées de ce côté purement théorique; Lasne avait l'étoffe et la vocation d'un professeur de Faculté et d'un savant, beaucoup plus encore que celle d'un industriel.

» Et cependant il réussissait partout, puisqu'il était Vice-Président du Syndicat des Chimistes et Essayeurs de France.

» Il eût dû rester à l'École Centrale où il était répétiteur du cours de Chimie, professé par M. Vincent en 1881. Il quitta cependant ce poste pour se consacrer tout entier à ses affaires, et cela s'explique. Mais tout en faisant de l'industrie comme profession, il continua, pour ainsi dire malgré lui, à faire de la science par goût, par suite d'un besoin irrésistible. Si son puissant cerveau s'accommodait sans peine de ce surmenage, son corps ne put le supporter et il y laissa sa santé.

» Parlerons-nous maintenant de l'homme de cœur, de l'ami incomparable, du camarade affable et charmant que tous nous avons connu et qui avait conquis toutes les sympathies? Cela est superflu, et cependant nous ne pouvons nous dispenser de dire à quel point cette perte sera sensible à tous ceux qui le connaissaient, à tous ceux qui le fréquentaient, c'est-à-dire à tous ceux qui l'aimaient. Nous avons éprouvé personnellement, dans la disparition de Henri Lasne, une des pertes les plus douloureuses de notre existence, tant notre amitié, née sur les bancs, dès notre première année d'École, s'était accrue avec les années et était devenue un lien solide, une affection sincère, profonde, absolument fraternelle.

» C'est donc du plus profond de notre cœur que nous venons en ce triste jour, dire un dernier adieu à ce malheureux ami enlevé trop tôt pour la Science, trop tôt pour le Génie civil, et surtout beaucoup trop tôt pour notre promotion centralienne et les amitiés si vives et si franches qu'il avait su partout conquérir.

» Quant à sa famille éplorée, nous n'essaierons pas de la consoler, car le malheur qui la frappe est de ceux dont on reste à jamais inconsolable. Mais si quelque chose peut adoucir son immense douleur, c'est la certitude qu'il lui reste des amis nombreux et sincères qui reporteront sur elle l'affection qu'ils professaient pour le cher disparu. »

CHRONIQUE

N° 278.

Sommaire. — Le tunnel du Simplon. — Refroidissement de l'eau par pulvérisation. — Un nouveau calorimètre pour l'essai des combustibles. — Trafic sur le Canal « Empereur-Guillaume ». — Voiture automobile de charge pour l'Afrique occidentale. — L'eau dans l'Afrique du Sud. — Nouvel appareil pour le dessin.

Le tunnel du Simplon. — Pendant le mois de janvier 1903, l'avancement de la galerie de direction du tunnel du Simplon a été de 141 *m* pour la partie nord et de 152 *m* pour la partie sud, total : 293 *m*. Le faible avancement de la galerie du côté de Brigue s'explique par le fait que le percement a rencontré, entre les kilomètres 8,487 et 8,493, du schiste micacé, tendre, broyé, ce qui a nécessité un boisage et fait interrompre la perforation mécanique pendant 181 heures. Avant cette rencontre, la perforation s'effectuait à raison de 6 *m* par jour. Du côté sud. le terrain traversé a été du gneiss feuilleté, dans lequel l'avancement a été de 5 *m* par jour. Les eaux provenant du tunnel, de ce côté, ont donné un volume de 880 *l* par seconde, ce qui indique une décroissance sensible.

L'avancement total était donc, au 31 janvier, de 8 610 *m* du côté de Brigue, et de 6 011 *m* du côté d'Iselle, soit un total de 14 621 *m*; il est intéressant de faire remarquer que c'est, à 369 *m* près, la longueur du tunnel du Gothard, qui est, comme on sait, de 14 984 *m*.

Il est intéressant d'indiquer les longueurs percées par année, depuis le commencement des travaux.

Nous les donnons dans le tableau suivant :

Années.	Nord.	Sud.	Total.
1898	333 *m*	76 *m*	409 *m*
1899	1 967	1 490	3 457
1900	1 819	1 582	3 401
1901	2 216	1 280	3 496
1902	2 134	1 431	3 565
Totaux :	8 469 *m*	5 859 *m*	14 328 *m*

Il restait donc à percer, au 1er février dernier, 5 109 *m*, représentant, à 11 *m* par jour, ou 330 *m* par mois, environ quinze mois et demi; mais il se présente une question sur laquelle nous trouvons ce qui suit dans les journaux suisses.

Le grand tunnel de 19 729 *m* est maintenant percé, au nord, sur une longueur de plus de 8 600 *m*. Sauf imprévu, on peut admettre que, dans huit ou neuf mois, les perforatrices auront atteint, au nord, le milieu du tunnel, tandis qu'il s'en faudra encore de 2 500 *m* qu'il en soit de

même du côté sud. C'est alors que se posera la grosse question de savoir si le percement peut se continuer du côté nord.

Comme on le sait, le milieu du tunnel en est en même temps le point culminant ; on y arrive, du nord et du sud, par une pente légère, mais continue, et plus sensible du côté sud. A partir du milieu, les perforatrices du nord, si elles continuent leur travail, devront travailler dans le sens de la pente méridionale ; s'il n'y a pas d'eau, la chose ne présentera aucune difficulté, mais si, au contraire, on découvrait des sources, l'eau devrait être éliminée, au fur et à mesure, par le pompage, ce qui serait impossible avec un volume d'eau considérable. Alors, le percement devrait se continuer uniquement au sud, avec un retard proportionnel à cette paralysie de la moitié du personnel employé jusqu'à ce moment.

A lire le relevé trimestriel, il ne semble pas que la roche ait atteint la température que l'on redoutait. Au nord, elle n'avait pas dépassé le beau maximum de 34 degrés. On aurait constaté dernièrement, au nord, un refroidissement assez sensible qui pourrait faire craindre, d'après quelques personnes, le voisinage de grosses masses d'eau.

Si cette fâcheuse prévision ne se réalisait pas, l'absence des eaux, au nord, permettrait à l'entreprise de continuer la perforation au delà du milieu du tunnel ; si, au sud, l'écoulement souterrain des eaux pouvait être arrêté à la surface, et enfin, ce qui paraît probable, si, au lieu du noyau de gneiss très dur qu'un géologue de Bâle prévoyait au centre du massif, l'entreprise traversait des terrains beaucoup plus favorables, en ce cas, les retards prévus seraient bien moindres qu'on l'avait craint, et, — c'est ici une supposition de journaliste — l'achèvement du tunnel pourrait avoir lieu cinq à six mois, peut-être, après la date conventionnelle du 13 mai 1904.

Nous profiterons de l'occasion pour donner le résumé d'un rapport dans lequel M. le professeur Schardt examine les causes de l'écoulement d'eau qui a si fort compromis les travaux de percement du Simplon, du côté d'Iselle. Il démontre que ces eaux ne proviennent ni du lac d'Avino ni de la Cairasca. Elles viennent de la montagne du Foggiolo, sous laquelle sont percées les deux galeries sud, et de la dépression de Vallé.

La montagne du Foggiolo est sèche, toute l'eau provenant de la pluie ou de la fonte des neiges disparaît dans l'intérieur de la montagne. Cette eau alimente la nappe souterraine. Le débordement de cette nappe forme des sources. Dans la vallée de la Cairasca, les sources de Nembro, entre Lavin et la Cairasca (environ 6 000 *l* à la minute), observées le 29 octobre 1901, avaient, le 3 décembre, complètement tari ; elles sont une chose du passé, comme dit M. Schardt, qui s'attend également à voir disparaître les deux grandes sources de Gebbo, près du pont San Bernardo (6 000 *l* à la minute).

Quelle quantité d'eau tombe, annuellement, dans cette région ? L'auteur admet une moyenne annuelle de 1 600 *m*, qui est celle d'Iselle. La combe de Vallé ayant une superficie de 3 km^2 environ, il y tomberait ainsi 4,8 milliards de litres par an ou 9 132 *l* à la minute, soit une fois et demie le volume des sources de Nembro.

Quelle sera la quantité d'eau permanente restant ensuite dans le tunnel? se demande M. Schardt.

Le total de la quantité d'eau restant après l'épuisement des réservoirs est évalué, par lui, à 20 000 *l* à la minute, soit 333 *l* à la seconde, ou 350 *l*, chiffres arrondis, qu'il considère comme un maximum : « Il est plus que probable, dit-il, que le volume de l'eau qui restera sera moindre ».

M. Schardt estime que l'eau souterraine subit, outre la gravitation, qui est le seul agent moteur des cours d'eau superficiels, encore une autre influence qui se manifeste déjà dans les lacs : l'effet de la chaleur souterraine. Toute eau pénétrant à une certaine profondeur se réchauffe, devient moins dense et tend, par conséquent, à remonter vers la surface; elle est remplacée par une quantité égale d'eau plus froide.

Ainsi peut se produire une « circulation morte », sans aucun apport et sans aucun écoulement. Mais, s'il y a un renouvellement de l'eau, si la nappe reçoit des affluents et alimente cet émissaire, une autre action s'y ajoute, c'est la corrosion. Les eaux atmosphériques sont presque chimiquement pures; les eaux des sources traversant des calcaires dissolvent au moins un quart de gramme de carbonate de chaux par litre, et bien plus encore lorsqu'elles sont sous pression et saturées d'acide carbonique. Par simple pénétration d'abord, dans d'étroites fissures, cette eau, en se renouvelant sans cesse, élargit ces fissures et pénètre plus bas, dans des régions plus chaudes. Plus elle s'échauffe, plus elle active la propulsion. Théoriquement, cette érosion souterraine n'a pas d'autres limites de profondeur que la température de l'ébullition de l'eau, ou l'interruption du terrain corrosible, ce qui est le cas le plus fréquent. Les événements qui se sont produits depuis six mois au tunnel du Simplon sont, dit M. Schardt, une démonstration des plus éclatantes de ce phénomène : « C'est une des plus belles observations qu'il ait été donné à la science d'enregistrer ».

C'est encore par un immense thermo-syphon, se ramifiant à l'infini, que l'eau a dû circuler au milieu des roches — soit de calcaire, soit aussi de la zone voisine du gneiss d'Antigorio — en se propageant à plus de 3 *km*, horizontalement, et, probablement, à 200 *m* encore au-dessous du niveau du tunnel, soit à plus de 1 400 *m*, verticalement, au-dessous de la surface. Cette circulation explique la différence des températures de sources très rapprochées, sortant même d'une fissure unique.

Refroidissement de l'eau par pulvérisation. — Depuis quelques années, on emploie le refroidissement de l'eau pour les machines à condensation, de manière à se servir toujours de la même eau, lorsque celle-ci est rare. On emploie souvent, dans ce but, des tours de refroidissement, mais on se sert souvent aussi de la pulvérisation de l'eau qui fournit un moyen très commode.

L'*Iron and Coal Trades Review* décrit un système de pulvérisateurs simple, peu coûteux et donnant de très bons résultats. Les becs par lesquels sort l'eau sont en bronze, en forme de cône creux renversé, présentant deux orifices dont les axes se rencontrent à peu près à angle droit; il en résulte que les jets d'eau qui sortent par ces orifices se cho-

quent et que l'eau se pulvérise. Sous cette forme, elle offre une très grande surface par rapport à son volume. Une faible portion de chaque gouttelette s'évapore et il en résulte un refroidissement du reste de la masse, laquelle retombe dans le bassin où l'eau à refroidir se réunit. On constate que la perte par évaporation est d'environ le trentième du volume total.

En installant un réseau de tuyaux en dessus et autour d'un bassin, ces tuyaux, étant munis d'un certain nombre de pulvérisateurs placés à distance convenable les uns des autres, on arrive à refroidir rapidement de très grandes masses d'eau. On peut citer une installation faite dans les usines de Sir Bernhard Samuelson et Cie, à Middlesbrough, pour refroidir, par heure, 225 000 *l* d'eau servant à rafraîchir les tuyères de quatre hauts fourneaux. L'eau arrive simplement par différence de niveau depuis les tuyères. La température, dans le bassin, varie légèrement, suivant les conditions atmosphériques, mais elle est, habituellement, de 23 à 27° C. Avant l'installation des pulvérisateurs, elle s'élevait à 43 degrés, bien que la surface du bassin fût trois fois plus grande. La pression de l'eau correspond seulement à une hauteur de 2,75 *m*. L'année dernière, il a été fait une installation de même genre aux forges de Normanby, pour refroidir 770 000 *l* à l'heure d'eau pour la condensation des moteurs et le rafraîchissement des tuyères.

La première application qui ait été faite de ces pulvérisateurs a été celle des établissements de MM. Gjers, Mills et Cie, où le volume d'eau à refroidir était de 140 à 180 m^3 à l'heure. Les résultats ont été tout à fait satisfaisants, et cette application a été rapidement suivie de plusieurs autres. Une installation de 270 m^3 à l'heure fonctionne à la station centrale des tramways de Greenwich. La charge sous laquelle l'eau arrive joue un rôle important dans l'effet de refroidissement : ainsi, la température atmosphérique était de 18° C., avec une charge de 5 *m* on obtient un abaissement de la température de l'eau de 34 à 20 degrés, tandis qu'avec une charge de 12 *m* la température finale de l'eau s'abaisse à 18° C.

Ces pulvérisateurs sont également appliqués pour des objets différents : ainsi, on les emploie, à Salford, pour aérer le liquide provenant des lits d'épuration du sewage.

L'idée de la division de l'eau presque à l'infini par la pulvérisation est fort ingénieuse, mais ce n'est, en somme, qu'un perfectionnement de la division de l'eau sous forme de projection ou jets. Ces jets ont été employés depuis fort longtemps pour cet objet. Nous avons déjà cité divers articles parus dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement*, en 1826 et 1827, et décrivant des procédés pour le refroidissement des eaux de condensation, dans lesquels il est question de la projection de l'eau en jets et de l'emploi de toiles métalliques pour diviser l'eau et lui donner une surface d'évaporation plus considérable. Nous pouvons même citer un document encore plus ancien et qui remonte à l'origine même des machines à vapeur. Boulton et Watt avaient publié, entre 1782 et 1785, une brochure destinée à leurs ateliers et contenant des instructions sur la construction, le montage et la conduite des machines à vapeur d'épuisement. Cet ouvrage est naturellement introuvable, mais John Bourne avait eu l'heureuse idée d'en reproduire une partie dans son traité de la

machine à vapeur publié en 1846. On trouve dans cette partie, page 203 de l'édition anglaise, des indications sur l'établissement de bassins réfrigérants pour l'eau chaude provenant du condenseur et il y est mentionné que l'usage de jets d'eau dans l'air n'est pas à conseiller, parce que l'eau se charge d'air qui est nuisible pour le vide dans le condenseur. Quelle que soit la valeur de cette objection, on doit admettre que l'emploi des jets d'eau avait été déjà alors proposé et peut-être même essayé.

Un nouveau calorimètre pour l'essai des combustibles. — On emploie, généralement, pour la détermination du pouvoir calorifique des combustibles, les calorimètres Lewis-Thompson et Mahler. Le premier, qui est simple et peu coûteux, consiste, comme on sait, dans une sorte de cloche immergée dans laquelle on fait brûler sous l'eau un mélange de combustible avec du chlorate et du nitrate de potasse. L'appareil de Mahler, plus compliqué, se compose d'une sorte de bombe immergée dans l'eau et dans laquelle le combustible est brûlé dans une atmosphère d'oxygène.

Le calorimètre Thompson présente divers inconvénients parmi lesquels : la combustion incomplète des échantillons amenant la formation de résidus solides, l'impossibilité de brûler des combustibles liquides, le peu de précision des résultats obtenus, le danger d'une inflammation prématurée, surtout si l'expérimentateur n'a pas une grande habitude de la manipulation. D'autre part, le calorimètre Malher demande, pour donner des résultats suffisamment exacts, des opérateurs très habiles et est d'un prix élevé. Aucun des deux appareils ne permet, d'ailleurs, de surveiller l'opération qui se passe entièrement hors de la vue de l'expérimentateur.

Le chimiste anglais Dorling a imaginé un nouveau type de calorimètre qui paraît être d'un emploi facile, donner des résultats très exacts et permettre de suivre la combustion et, au besoin, de la régulariser.

L'appareil comprend un plateau circulaire en laiton porté sur trois pieds de la même matière ; un tube également en laiton traverse le centre du plateau pour se terminer à sa partie inférieure dans une sorte de chambre comprise entre deux disques métalliques réunis par des vis. Le disque supérieur est percé d'un certain nombre de petits trous. Pour la clarté de l'explication en l'absence de figures, nous appellerons C cette capacité et A le plateau supérieur traversé par le tube D. Sur le plateau A se pose une cloche en verre formant joint étanche avec le plateau par un rebord qu'elle présente et qui est serré par un anneau métallique et des vis.

La partie supérieure du tube D se termine par trois languettes faisant ressort et servant à fixer un creuset de platine dans lequel on met l'échantillon de combustible à essayer.

La partie supérieure de la cloche en verre présente un goulot formé par un bouchon que traversent deux conducteurs descendant jusque dans le creuset pour déterminer l'inflammation et un tube de verre pour amener également dans le creuset l'oxygène nécessaire à la combustion.

Ceci étant compris, voici comment on opère. La matière à essayer,

réduite en poudre s'il y a lieu, d'un poids de 1 à 1,5 *g*, est placée dans le creuset ; on met en place la cloche de verre et on immerge l'appareil dans un vase en verre contenant un poids connu d'eau, suffisant pour recouvrir entièrement la cloche. On fait arriver l'oxygène dans le creuset et on établit le courant électrique qui porte à l'incandescence un fil de platine réunissant les deux conducteurs, ce qui amène la combustion de l'échantillon. Les gaz chauds produits ne peuvent sortir que par le tube D et passent dans la capacité C, d'où ils sortent en bulles par les trous du disque supérieur fermant cette capacité ; ces bulles traversent la masse d'eau en lui communiquant leur calorique. Une fois la combustion terminée, on continue encore quelque temps à faire passer le courant d'oxygène jusqu'à ce que la température de l'eau, mesurée par un thermomètre, ne s'élève plus.

On calcule le pouvoir calorifique du combustible comme d'habitude, par le produit du poids d'eau augmenté de l'équivalent en eau du poids de l'appareil par l'élévation de température. Le tout rapporté à l'unité de poids du combustible.

Si la combustion s'opère avec une flamme fuligineuse, il faut interrompre l'opération et remplacer l'échantillon par un autre mélangé de la moitié de son poids de kaolin sec ou d'alumine calcinée ; on obtient ainsi une combustion parfaite.

Pour les combustibles liquides, on emploie des échantillons d'un demi-gramme qu'on mélange de kaolin ou d'alumine en quantité suffisante pour faire une pâte d'une certaine consistance.

La combustion s'opère comme ci-dessus, mais le courant d'oxygène doit être très régulier pour éviter la production de fumée.

Dans tous les cas, la combustion doit durer de 4 à 5 minutes, et il faut éviter que le courant du gaz comburant soit assez fort pour projeter des parties de la matière hors du creuset.

Si on n'a pas sous la main de moyen de se procurer un courant électrique, on peut provoquer la combustion en mettant 5 *cg* de soufre en poudre sur l'échantillon à essayer et en allumant le soufre avec une allumette par le haut de la cloche avant d'immerger l'appareil. On bouchera ensuite la cloche et on fera arriver le courant d'oxygène. La combustion se propagera du soufre à l'échantillon ; on devra, naturellement, tenir compte du calorique développé par le soufre.

Les erreurs provenant du rayonnement du calorique peuvent être réduites au minimum si on emploie de l'eau à une température initiale d'autant plus rapprochée de la température ambiante que la température finale présumée doit être plus élevée. Ainsi, si, par exemple, on pense, avec un échantillon donné, obtenir une élévation de température de 10°, on prendra de l'eau à une température initiale de 5° inférieure à la température ambiante.

Cet appareil fournit, paraît-il, des résultats d'une exactitude plus que suffisante pour la pratique industrielle et bien supérieurs à ceux que donne le calorimètre Thompson. Un de ses plus sérieux avantages est que la combustion est visible et peut être accélérée ou retardée à volonté suivant les besoins.

La manipulation est très facile et peut être confiée à des expérimentateurs quelconques.

Nous trouvons les renseignements qui précèdent, sans indication d'origine, dans le *Giornale del Genio Civile*, numéro d'août 1902.

Trafic sur le canal « Empereur-Guillaume ». — Nous donnons ci-dessous le trafic du canal de la mer du Nord à la Baltique, connu sous le nom de canal de l'Empereur-Guillaume, pendant les six années comprises entre son ouverture en juillet 1895 et la même date de 1901 :

	Navires. —	Tonnage. —	Montant des taxes. — francs
1895-96	16 834	1 507 983	1 111 000
1896-97	22 081	2 036 861	1 310 000
1897-98	23 149	2 648 347	1 704 000
1898-99	26 254	3 205 855	2 167 000
1899-1900 . . .	26 527	3 703 574	2 369 000
1900-01	30 314	4 347 989	2 688 000
Totaux . . .	145 159	17 450 000	11 349 000

Comme on voit par ce tableau, le nombre des navires qui ont passé le canal est, dans la sixième année, supérieur de 80 0/0 au chiffre du début, le tonnage de 188 0/0 et le montant des taxes de 142 0/0. Il est vrai que, même dans la sixième année de l'exploitation, le trafic du canal de Kiel n'a pas encore atteint le chiffre prévu qui était de 5 millions 500 000 tonneaux et que le montant des taxes ne suffit pas encore à payer les dépenses de service et d'entretien ; mais il a été fait, depuis l'ouverture, de nombreuses améliorations payées sur le produit des droits de passage. Il ne faut pas oublier qu'il en a été de même des débuts du canal de Suez et il est intéressant de faire remarquer que la quatrième année d'exploitation du canal de Kiel a donné un trafic, (3 205 855 tonneaux) supérieur à celui (3 057 421 tonneaux) de la dixième année d'exploitation du canal de Suez; c'est d'autant plus remarquable que pour le premier on n'a pas compté les navires de guerre.

On voit également. par le rapprochement des colonnes donnant le nombre des navires et leur tonnage, que le canal de la mer du Nord à la Baltique est surtout fréquenté par de très petits navires, mais que le tonnage moyen de ces navires tend continuellement à augmenter. Ainsi, le tonnage moyen qui était pour la première année de 89 *tx* seulement, a passé, en 1898-1899, à 122 *tx* et, dans la dernière année 1900-1901, à 143 *tx*, soit une augmentation de 160 0/0. Nous extrayons les renseignements ci-dessus du *Railroad Gazette* qui dit les tirer du *Riga Industrial Gazette*.

Voiture automobile de charge pour l'Afrique occidentale. — La voiture dont il s'agit a été étudiée pour le transport du matériel pour les mines de la côte, à Accra. dans l'Afrique occidentale, aux mines situées à une centaine de kilomètres dans l'intérieur, sur

une route construite par les Compagnies minières intéressées. Pendant la saison des pluies, des parties de cette route sont très mauvaises, traversant des terrains marécageux et, sur plusieurs points, on a dû établir de grossières routes *corduroy*. On sait que ces routes sont faites de rondins de bois placés côte à côte de manière à produire à peu près l'aspect des étoffes de velours à côtes dites corduroy. Pour circuler dans ces conditions, il fallait un véhicule ayant une puissance au moins égale à celle d'une locomotive routière, mais un poids plus faible.

On ne disposait, comme combustible, que de bois tendre d'une faible puissance calorifique : il fallait donc une chaudière de dimensions plus grandes que dans les conditions ordinaires. De plus, les nécessités du débarquement obligeaient à ne pas dépasser un certain poids pour les pièces séparées. La construction de cette voiture automobile fut confiée à MM. Simpson et Bibby, de Manchester, et l'appareil fut avant l'expédition, soumis à des essais dans des conditions aussi sévères que celles qu'on devait rencontrer en Afrique.

La chaudière est du type à vaporisation instantanée dans des tubes aplatis du genre Serpollet. Il y a d'abord une enveloppe formée de tubes de ce genre jointifs avec le grand axe vertical qui entoure le foyer, puis une série de tubes placés horizontalement au-dessus du feu avec les joints à l'extérieur pour ne pas être exposés à une température élevée ; ces tubes sont disposés en quinconce, les uns au-dessus des autres, avec leur grand axe horizontal.

La surface de chauffe de ces tubes est de 11,20 m^2, celle des tubes de l'enveloppe du foyer de 2,8 m^2 ; la chaudière peut vaporiser par heure 500 *kg* d'eau.

L'alimentation s'effectue par deux pompes semblables dont chacune suffit pour le travail normal. Une troisième pompe à vapeur indépendante, qui peut aussi être mue à bras depuis la plate-forme occupée par le chauffeur, sert pour remplir la chaudière à froid.

Le moteur comporte quatre cylindres à simple effet placés deux à deux à 45 degrés de la verticale et agissant sur deux coudes placés à 180 degrés l'un de l'autre ; ces cylindres ont 178 *mm* de diamètre et 127 *mm* de course. Le nombre de tours normal est de 450 à la minute. La distribution de la vapeur aux cylindres s'opère par des soupapes actionnées par des cames montées sur un arbre parallèle à l'arbre coudé et relié à lui par des engrenages. L'admission est variable pour la marche en avant et constante pour la marche en arrière. Cette variation s'opère par un déplacement longitudinal des cames sur l'arbre.

La transmission du mouvement de l'arbre coudé aux roues du véhicule se fait par trois intermédiaires : savoir, de l'arbre coudé au second arbre par des engrenages taillés l'un en bronze, l'autre en acier ; cet arbre est monté sur le bâti de la machine pour assurer le parallélisme ; du second arbre à un train différentiel monté sur un troisième arbre et de celui-ci à chaque roue par des chaînes en acier trempé dont les maillons ont une résistance extrême de 30 *t*. Le mouvement différentiel est formé de roues droites taillées à la machine sans intervention de roues d'angle.

La transmission comporte deux vitesses correspondant à 10 et 3,3 *km*

à l'heure pour 450 tours de la machine par minute. En changeant les pignons des chaînes, on peut obtenir des vitesses de moitié des précédentes, soit 5 et 1,65 *km*. A l'intérieur de chaque roue motrice est fixé un tambour de treuil qu'on peut faire tourner indépendamment des roues.

A l'avant est un train directeur à deux roues dont la manœuvre s'opère par des cylindres hydrauliques agissant sur des câbles en fils d'acier. L'axe de rotation du train directeur a du jeu verticalement pour permettre à l'ensemble du véhicule de se prêter aux formes irrégulières de la route sans amener des efforts excessifs sur les bâtis.

L'eau sous pression servant à la direction provient des pompes alimentaires et la charge est réglée par une soupape; l'eau qui a servi retourne aux réservoirs. Il y a trois de ces réservoirs, deux sur la plate-forme, chacun de 450 *l* de capacité et un en dessous, de 900 *l*. Ce dernier peut être rempli au moyen d'un éjecteur aspirant débitant 200 *l* par minute; les deux autres sont remplis par le réservoir inférieur par le moyen d'un petit éjecteur; c'est dans leur intérieur que puisent les pompes alimentaires. Le moteur, les freins et la direction sont manœuvrés par le machiniste qui est placé sur le côté du véhicule, protégé contre les intempéries par un abri en bois.

Le service du foyer se fait par une plate-forme spéciale placée à l'arrière pour recevoir un indigène, qui n'a pas à s'occuper d'autre chose que du chargement de la grille. La pression normale de marche est de 10 à 14 *kg*, mais les pièces du moteur sont assez robustes pour qu'on puisse élever la pression à 17.5 *kg* pour franchir de mauvais pas.

Dans les essais qui ont eu lieu, en Angleterre, on a essayé le véhicule sur du gazon humide; il s'est très bien comporté; sur une rampe de 16,6 0/0, l'adhérence a été trouvée insuffisante sur un sol argileux. Dans un chemin étroit, sur terrain mou et marécageux, les roues se sont enfoncées dans le sol du côté de la haie; mais en faisant agir les treuils dont il a été question plus haut, on a pu facilement dégager le véhicule.

Avec une charge de 5 *t* sur la plate-forme et un chariot portant 8 *t* à la remorque, le tout formant un poids brut de 28 *t* (28 420 *kg*), on a remonté sans difficulté une rampe de 11 *km*, rachetant une différence de niveau de 396,50 *m*, ce qui correspond à une déclivité moyenne de 3,6 0/0. La première partie de la montée a été faite avec la transmission à grande vitesse, la porte du foyer ouverte et en brûlant du bois; le reste a été fait avec la transmission à vitesse réduite et, vu la nature molle du terrain et la pluie, les roues se sont plusieurs fois enfoncées dans le sol, qui se relevait derrière. Au retour, à la descente, on s'est servi des freins et on a arrêté le véhicule sur la pente sans renverser la marche du moteur.

On a fait, sur cette même route, un essai pour apprécier la consommation d'eau et de combustible; voici les résultats obtenus :

	Temps.	Eau.	Bois.
Parcours de 30 600 *m*	3 h. 28 m.	942 *l*	300 *kg*
Par kilomètre	6,8 m.	30,8 *l*	9,8 *kg*
Par tonne utile kilomètre. . .	—	2,4	0,75
Par tonne brute kilomètre. .	—	1,1	0,35

On voit qu'on a pu maintenir une vitesse de $\frac{60}{6,8} = 8,8\ km$ à l'heure, sans que la chaudière cessât de produire assez de vapeur. La consommation, très faible relativement, de vapeur et de combustible est due principalement aux bonnes dimensions du foyer, 1 068 *m* de longueur, 0,610 *m* de largeur et 0,915 *m* de hauteur, et à la disposition de l'enveloppe formée de tubes absorbant immédiatement le calorique dégagé, à l'emploi de vapeur fortement surchauffée et à la disposition intelligemment combinée du moteur et des transmissions. On s'est attaché à n'avoir jamais plus de deux supports par arbre dans les parties rigides et dans les autres de disposer des joints articulés pour prévenir les frottements anormaux. Les renseignements qui précèdent sont extraits de l'*Engineer*.

L'eau dans l'Afrique du Sud. — Un rapport de sir William Willcocks, dont le *Journal of the Society of Arts* donne un résumé, contient des renseignements très intéressants sur l'alimentation en eau des contrées où se trouvent des mines d'or.

Si la valeur de l'eau est grande pour l'agriculture, on peut dire qu'elle est mille fois plus considérable pour l'exploitation des mines d'or dans l'Afrique du Sud. Les terrains aurifères y sont très pauvres en eau, offrant sous ce rapport un contraste frappant avec la dolomite qui les surmonte. 1 m^3 de minerai aurifère vaut environ 125 *f*; pour laver ce minerai, il faut à peu près 10 m^3 d'eau par tonne de minerai. 1 *t* de minerai représente, au taux indiqué ci-dessus, une valeur de 42 *f*.

De l'eau employée au lavage, un cinquième est perdu, le reste est employé de nouveau. Il en résulte qu'il faut 2 m^3 d'eau pour laver pour 42 *f* de minerai ou 4,8 m^3 pour 100 *f*.

Dans les terrains de la région dolomitique, il faut environ 10 000 m^3 pour irriguer 1 *ha* par an; la production par la culture agricole de cet hectare étant 2 875 *f*, on voit que, pour produire 100 *f*, il faudra environ 350 m^3 d'eau au lieu de 4,8 ou, en d'autres termes, 1 000 m^3 d'eau correspondront à un produit de 20 800 *f* appliqués au lavage de l'or et seulement 287,50 *f* appliqués à l'agriculture, rapport 72 à 1. Comme les mines du Rand représentent la principale source de richesse dans l'Afrique du Sud, il semble que les intérêts agricoles doivent céder le pas aux intérêts miniers, tout le temps que les mines produiront. Actuellement ces mines produisent par an 500 millions de francs d'or et nécessitent un volume annuel de 2,24 millions de mètres cubes, ce qui correspond à 700 *l* par seconde.

Jusqu'ici, cette quantité d'eau a été obtenue en partie des mines elles-mêmes et en partie des nombreux réservoirs établis sur les flancs des collines qui entourent Johannesburg. Il y a de ces réservoirs dont les murs formant le barrage ont jusqu'à 12 *m* de hauteur. On obtient également une certaine quantité d'eau d'un puits foré au sud de la rivière Klip et de la Compagnie des eaux de Johannesburg. Pendant les années de sécheresse, les mines ont beaucoup de peine à se procurer assez d'eau et subissent parfois de grandes pertes, leur matériel et leur personnel restant inoccupés.

On parle de doubler la production des mines, c'est-à-dire de la porter à 1 milliard de francs par an. La condition essentielle pour y arriver sera d'assurer aux mines une alimentation d'eau suffisante et régulière. Heureusement pour Johannesburg, non seulement le terrain qui recouvre la dolomite contient de fortes couches de charbon qui peut être livré aux mines à raison de 10 *f* la tonne, mais le terrain dolomitique lui-même contient beaucoup de sources. Ces sources sont à des profondeurs de 200 à 300 *m* au-dessous du sol à Johannesburg, et à une distance du Rand de 25 à 45 *km*. Elles peuvent débiter de 2 000 à 2 500 *l* par seconde. Si on prenait moitié de cette eau pour les mines et l'autre moitié pour l'agriculture, les mines seraient très suffisamment partagées. Les exploitations agricoles existant actuellement dans les vallées n'auraient pas à souffrir, parce que les pertes d'eau actuelles qui se font par les marais voisins pourraient être supprimées par des rigoles étanches pratiquées dans ces marais, et par des réservoirs qu'on établirait peu à peu, pour emmagasiner l'eau provenant des sources. Au contraire, la production agricole de ces régions éprouverait un accroissement correspondant à celle des mines, de même que, dans le passé, elle a été plus que quadruplée par la création de l'exploitation de ces mines.

Nouvel appareil pour le dessin. — Cet instrument qui a pris naissance aux États-Unis, où son usage est déjà très répandu, est destiné à remplacer le T, l'équerre, l'échelle et le rapporteur.

Sa construction et son fonctionnement reposent sur le principe suivant : Si la base d'un parallélogramme est réunie d'une manière rigide avec la base d'un autre parallélogramme pareil, les côtés des deux parallélogrammes opposés aux bases font entre eux le même angle que celui qui existe entre les deux bases.

Le parallélogramme AB*ab* est, par sa base AB, solidaire avec CD qu fait partie du parallélogramme CD*cd*. Les angles formés par les lignes *ab* et *cd* prolongées jusqu'à leur croisement sont les mêmes que ceux faits par les bases AB et CD du parallélogramme. Donc, si les deux bases AB et CD sont perpendiculaires l'une à l'autre, la ligne *cd* est toujours perpendiculaire à la ligne *ab*, quelle que soit la position occupée par l'instrument sur la planche à dessin. Les positions de *cd* sont toujours parallèles entre elles et le parallélisme existera entre les différentes positions d'une règle, O_2 par exemple, solidement fixée à *cd*.

Si les deux règles O_1 et O_2 solidaires de *cd*, sont perpendiculaires entre elles dans une position quelconque de l'appareil, elles le seront toujours dans toutes les autres positions. Si on trouve ces règles d'un angle donné, suivant la position O_3 O_4 par exemple, ce que la construction de l'instrument permet de faire au moyen du bouton O, cette nouvelle position des règles peut se transporter sur toutes les parties du dessin.

Si la base *ab* est attachée à la planche à dessiner dans une position parallèle au long côté de celle-ci, le côté *cd* du second parallélogramme reste parallèle au petit côté, si la planche est bien rectangulaire. Donc on a immédiatement et dans toutes les positions des axes coordonnés rectangulaires.

Des échelles divisées sont gravées sur les règles; par conséquent, celles-ci ne sont pas déplacées lorsqu'il s'agit de mesurer la longueur à donner à une ligne ou de tirer une droite d'une longueur déterminée.

Un rapporteur d'une amplitude de 90 degrés est gravé sur le bouton O, de sorte que toute inclinaison voulue peut être donnée aux règles.

Quelques détails de construction. — Une plaque de fonte, dénommée l'*ancre*, est placée au coin supérieur gauche de la planche à dessin à laquelle elle est attachée par deux vis placées obliquement par rapport aux fibres du bois. A chaque extrémité de cette plaque est un trou conique dans lequel s'engage la pointe d'une vis qui se déplace horizontalement dans la plaque supérieure. Les deux vis forment vers l'ancre une sorte

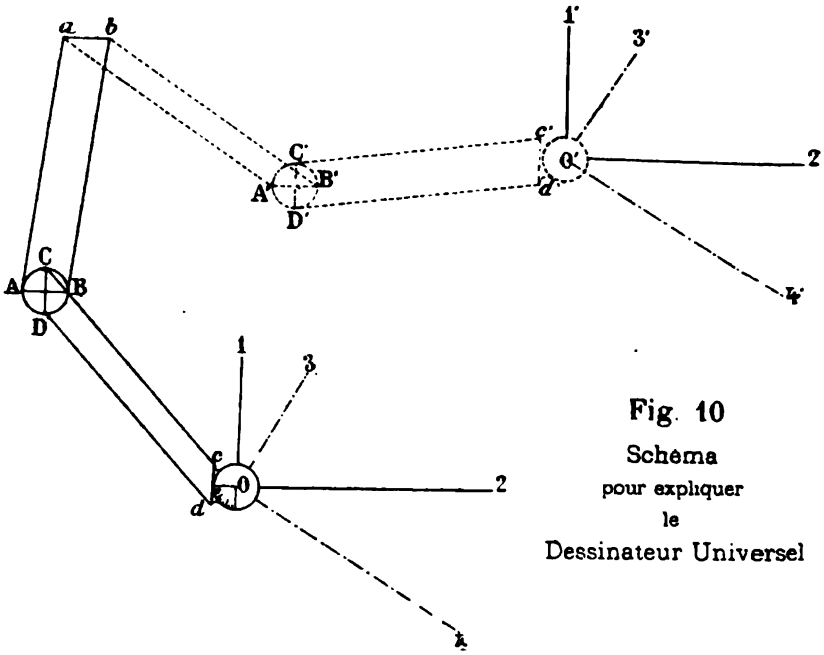


Fig. 10
Schéma
pour expliquer
le
Dessinateur Universel

de charnière autour de laquelle peut pivoter l'ensemble de l'appareil lorsqu'on veut enlever la feuille sur laquelle est tracé le dessin. Les deux tiges A*a* et B*b* sont articulées *à la plaque supérieure* et à un diamètre de l'anneau ACBD. Les tiges C*c* et D*d* sont aussi articulées au même anneau et *à la plaque inférieure* dont la position d'une arête est indiquée par *cd*. La plaque tournante est supportée par la plaque inférieure sur laquelle elle peut tourner autour d'un axe commun et à laquelle elle est fixée par une vis de pression dans les positions qu'on veut donner aux règles. Venus d'une pièce avec la plaque tournante deux bras ou porte-règles, assez courts et suffisamment résistants, sont disposés à angle droit, l'un par rapport à l'autre; les règles s'emboitent dans des rainures pratiquées dans ces bras. Ces coulisses sont un peu moins larges à un bout qu'à l'autre, de sorte que les règles peuvent

se fixer solidement par serrage dans les bras de la plaque tournante. Le bouton O dont on se sert pour manœuvrer l'appareil est rendu solidaire de la même plaque au moyen de deux vis.

Un arrêt automatique retient les règles aux inclinaisons les plus usitées, 30, 45 et 60 degrés, sans qu'il soit nécessaire de se servir de la vis de pression. Cet arrêt est actionné par le pouce de la main gauche.

Dans la plaque supérieure se trouve une vis qui vient butter contre l'ancre. Cette vis sert à relever un peu l'anneau pour l'empêcher de frotter sur le papier et d'user celui-ci.

Quelques avantages de l'appareil. — 1° Une grande économie de temps. Faisons une comparaison entre les opérations à faire avec le T, l'équerre et l'échelle et celles qui sont nécessaires avec le nouvel appareil pour tirer deux droites de longueur donnée perpendiculaires l'une à l'autre. Pour mieux faire ressortir la différence des deux séries d'opérations, nous les inscrirons en regard.

Ancien système.	*Nouveau système.*
1° Placer le T et tirer une ligne de longueur indéfinie;	1° Placer la règle des abcisses et tirer la ligne de la longueur voulue;
2° Enlever le T;	2° Faire de même avec la règle des ordonnées.
3° Mesurer avec l'échelle la longueur voulue;	
4° Enlever l'échelle;	
5° Placer l'équerre et tirer la seconde ligne;	
6° Enlever l'équerre;	
7° Mesurer la seconde ligne;	
8° Enlever l'échelle;	
9° Effacer l'excédent des lignes.	

On peut évaluer à un taux variant du tiers à la moitié le temps gagné sur l'ancien système par l'emploi du nouvel appareil;

2° *Sécurité.* — Quand on se sert du T et de l'équerre, on est obligé de tenir les deux instruments par le bout des doigts. Il arrive souvent que l'un ou l'autre glisse sous la main du dessinateur le plus soigneux. Le nouvel appareil est toujours retenu d'une manière absolue par le bouton sur lequel agit la main;

3° Il n'est jamais nécessaire pour le dessinateur de quitter le crayon ou le tire-ligne quand il se sert de l'appareil. Avec le système actuel, il lui faut, à chaque instant, abandonner le crayon pour se servir des deux mains en ajustant ses instruments;

4° Pendant les études faites dans les conditions actuelles, l'esprit est assez souvent distrait quand on cherche une échelle ou un rapporteur. Avec le nouveau système, il n'y a pas de distraction de ce genre, il n'y a rien à chercher. Tout est venu sous la main;

5° Comme on peut toujours tracer les lignes à la longueur voulue, il n'y a pas d'excédent à effacer et le papier n'est pas abimé par la gomme;

6° La facilité de tracer des lignes dans toute l'étendue de la feuille de papier et l'assurance du parallélisme absolu de ces lignes donne à l'appareil une valeur très importante pour les tracés relatifs à la statique graphique.

Commo en France, les dessinateurs aux États-Unis doivent se procurer leurs instruments de dessin. Lo nouvel appareil, connu sous le nom de Dessinateur Universel, est d'un prix assez élevé et on ne peut demander à cette classe modeste d'employés de se le procurer. Les directeurs de nombreux ateliers de dessin aux États-Unis trouvent avantageux de fournir eux-mêmes ces instruments, à cause de l'économie considérable de temps que son emploi leur procure.

Cet appareil a été présenté à la Société des Ingénieurs Civils de France dans sa séance du 20 février 1903, par M. Mahan, commandant en retraite du corps du génie des États-Unis.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Janvier 1903.

Rapport de M. Prillieux sur un ouvrage de MM. Denaiffe et Sirodot, intitulé : **L'Avoine.**

Rapport de M. A. Livache sur le procédé de M. Coinon pour **le blanchiment de l'ivoire et de l'os.**

Ce procédé de blanchiment est basé sur l'action combinée de la lumière solaire et de l'eau oxygénée. Ces opérations demandent près de deux mois, mais on obtient des plaquettes d'os et d'ivoire parfaitement décolorées dans toute leur masse et qui ont le grand avantage de ne pas reprendre, avec le temps, une teinte jaunâtre.

Rapport de M. E. Bourdon sur **un appareil à mandriner les tubes** imaginé par M. L. Jannin.

Ce nouveau dispositif de mandrin a pour but de faire, en une seule opération, l'extension du tube pour son application sur la plaque tubulaire, l'évasement et le renflement, au lieu de faire ces deux dernières opérations après coup. On réalise ainsi une certaine économie de temps.

Rapport de M. C. Rozé sur **une pendule à remontage automatique** présentée par M. Ch. Hour.

Cette pendule rentre dans la catégorie des appareils où on a cherché à utiliser la répétition incessante de quelque phénomène naturel pour régénérer l'action motrice et obtenir une marche spontanément prolongée pendant une longue période correspondant, par exemple, à la limite résultant de l'usure des organes. On y utilise la dilatation et la contraction sous l'influence des petites variations journalières de la température d'alcool contenu dans des réservoirs dont les surfaces plissées communiquent le mouvement à des leviers convenablement disposés. Un appareil de ce genre, déjà construit, est en marche ininterrompue depuis une année.

Note sur **l'unification des calibres**, par M. E. Sauvage.

Avec les tendances à l'interchangeabilité des pièces, qui se manifeste de plus en plus dans la construction mécanique, on doit chercher à rendre les calibres usités par les différents industriels aussi identiques que possible. Il est donc nécessaire de les faire en acier de même coefficient de dilatation et d'opérer à une température constante, 15° C. par exemple. L'auteur pense qu'il serait bon d'attirer, sur cette question, l'attention des constructeurs et des Sociétés techniques.

Expériences sur le travail des métaux, par M. Codron *(suite)*.

Cette partie est consacrée au forage et étudie les formes diverses des forets, leurs conditions de travail, leur vitesse, la forme des copeaux, etc.

Sur la perméabilité par diffusion des mortiers, par M. M.-L. Chatelier.

On sait que la porosité des mortiers a une grande influence sur leur altération, surtout dans les travaux à la mer. On a cherché depuis longtemps à faire des expériences sur cette porosité, on a trouvé souvent des divergences inexplicables. L'auteur s'est proposé d'améliorer la méthode d'essai par filtration en faisant pénétrer l'eau par l'extérieur des blocs, à l'inverse de ce qui se pratiquait jusqu'ici, ce qui permet de constater facilement les plus petites traces d'altération.

La note entre dans des détails circonstanciés sur la manière de faire ces essais et les précautions à prendre pour les mener à bien.

Quelques expériences préliminaires sur la cuisson du ciment portland, par M. G.-D. Campbell (Extrait de l'*American Chemical Society)*.

Ces expériences avaient pour but de préparer un programme d'après lequel se feraient une série de recherches ayant pour objet d'établir la relation exacte entre la composition chimique d'une pâte et la température nécessaire pour la cuisson. On a opéré dans un four tournant. Les résultats des essais sont donnés dans des tableaux.

L'électro-chimie à hautes températures, d'après MM. Hutton et Petavel (Extrait des publications de l'*Institution of Electrical Engineere)*.

Il s'agit des applications du four électrique à diverses fabrications : carbure de calcium, aluminium, carborundum, etc., et de diverses dispositions de fours électriques.

Notes de mécanique. — On trouve, dans ces notes, la description de la déhouilleuse des mines d'Anzin, une note sur le fonctionnement d'un moteur à gaz de hauts fourneaux Cockerill aux forges d'Ormesby, sur la machine à vapeur à distribution par soupapes du système Lantz, sur l'emploi de la puissance électrique dans les ateliers et aciéries et la description d'une locomotive à cinq essieux et trois cylindres du Great Eastern Railway.

ANNALES DES MINES

10e livraison de 1902.

Revue de la construction des machines en l'an 1900, par M. Ed. Sauvage, Ingénieur en Chef des Mines, Professeur à l'École nationale supérieure des Mines *(suite et fin)*.

Cette partie traite des machines frigorifiques, de la production et des

emplois de l'air liquide, puis contient des considérations développées sur la question des études relatives à la construction des machines, projets, dessins, devis. La note se termine par des études sur la mesure des pièces de machines, sur les essais des matériaux et enfin sur les machines-outils.

11e livraison de 1902.

Observations sur **les expériences de M. Rateau concernant le débit de la vapeur** et leur concordance avec les formules de M. Parenty, par M. H. Parenty, Directeur des Manufactures de l'État.

M. Rateau a fait une série d'expériences pour mesurer le débit en poids de la vapeur d'eau à travers divers orifices en se servant d'une ingénieuse méthode indirecte consistant à déduire les poids de la vapeur de la chaleur qu'elle cède à un courant d'eau continu fourni par un éjecteur. Les résultats obtenus antérieurement par M. Parenty, par une méthode très différente basée sur l'emploi de son compteur piézomotrique de vapeur, lui paraissent concorder absolument avec ceux de M. Rateau et il en conclut que la vapeur, en son débit, obéit à une loi fort simple, la loi elliptique, qui ne diffère pas absolument de la loi d'écoulement des gaz parfaits tirée par lui, M. Parenty, d'une série d'expériences sur le débit de l'air effectuées par Hirn en 1885.

Note sur **la législation des mines au Japon**, par M. J. Taffanel, Ingénieur des Mines.

La cabine électrique du London and North Western, pour la manœuvre des aiguilles et des signaux par M. Doffine, Ingénieur des Mines.

Cette installation, qui est due à notre éminent Collègue M. Webb avec la collaboration de M. Thompson, est employée à la gare de Crewe, qui est le nœud central du réseau du London and North Western Railway, et qui contient environ 250 appareils d'aiguilles et signaux en fonctionnement.

De l'origine de l'or dans la région d'Aloso, Côte d'Ivoire (Afrique occidentale), par M. M. Armas, Ingénieur diplômé de l'École supérieure des mines de Paris.

Des faits observés par l'auteur, au cours d'un voyage effectué à la Côte d'Ivoire, il croit pouvoir conclure que l'or est un élément possible, quoique rare, des magmas granitiques et que tel est le cas pour Aloso. Il semble aussi tout naturel de le voir apparaître dans certains schistes alcalins, au milieu desquels l'influence du granite s'est fait sentir; des cas semblables se présentent à 150 et 200 *km* plus au nord d'Aloso. Cette hypothèse est également confirmée par le fait qu'on trouve, dans la région, de l'or associé au quartz dans le gneiss décomposé sur place.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Février 1903.

District de Paris.

Réunion du 11 décembre 1902.

Communication de M. H. Schmerber sur **des recherches sur l'emploi des explosifs dans les mines.**

La substitution de la dynamite à la poudre noire pour les travaux de mines a dû faire modifier entièrement les méthodes de minage employées jusqu'alors. Puis, lorsqu'on introduisit les explosifs de sûreté, après avoir, par de longues expériences, établi l'équivalence en force des nouveaux explosifs brisants et des dynamites les plus puissantes, on eut trop la tendance d'assimiler complètement les deux genres de produits quant à leur mode d'emploi. L'auteur croit nécessaire de montrer que, si la force d'un explosif joue un grand rôle dans son emploi, deux autres facteurs exercent encore une action capitale sur le rendement d'une matière explosive; ces facteurs sont : le degré de sensibilité et la densité.

De longues recherches et des expériences nombreuses ont permis d'établir que plus l'explosif est insensible, plus il détone difficilement, surtout à l'air libre et que, plus la capacité dans laquelle détone la charge est close, plus la détonation d'un explosif a de chances de se produire. Le tir avec un explosif insensible doit être surveillé, car il faut éviter les mauvais bourrages et les trop fortes charges. L'influence de la capsule amorce est également considérable avec un explosif insensible et l'auteur entre dans quelques développements sur les procédés de détonation.

L'influence de la densité dans l'emploi d'un explosif a également une grande importance et agit sur les dimensions à donner aux trous de mines.

La conclusion de la communication est que, pour obtenir de bons résultats de l'emploi des explosifs de sûreté, il est indispensable de soigner le tir et d'y apporter beaucoup de précautions. C'est un très faible inconvénient en regard des avantages de ces explosifs à tous les points de vue.

Communication de M. de Gennes sur **l'organisation d'un service de havage mécanique dans une mine de houille.**

L'auteur constate que, si divers appareils pour le déhouillage mécanique sont en essai en France, aucun d'eux n'est encore arrivé à la période de l'application en grand dans toute une houillère.

Les causes de ce peu de succès d'appareils qui ont largement fait leurs preuves en Amérique sont de deux ordres : les conditions matérielles ne sont pas les mêmes; les trois plus grands obstacles à l'emploi de la haveuse à pic sont : le mauvais toit, nécessitant un boisage serré, l'inclinaison et le peu d'épaisseur des veines.

Un autre ordre d'idées est dans les conditions qui dépendent de la nature de l'homme, et par lesquelles l'introduction des machines devra nécessiter le changement ou tout au moins la modification des méthodes d'exploitation. La note expose dans quelles conditions ces modifications devront se produire pour arriver à faire prendre le déhouillage mécanique capable d'augmenter d'un tiers au moins l'extraction française et de nous affranchir des achats à l'étranger de la houille nécessaire au développement de l'industrie nationale.

Production houillère du Pas-de-Calais et du Nord en 1901 et 1902.

En 1902, le bassin du Pas-de-Calais a produit 13 582 500 *t* de houille en diminution de 1 078 000 *t* sur l'année précédente.

La même année, le bassin du Nord a produit 5 420 000 *t*, en diminution de 273 000 *t* sur la production de 1901.

Les deux bassins ont produit ensemble 19 millions de tonnes, chiffre en diminution de 1 350 000 *t* sur 1901.

Production houillère de la Loire.

Le bassin de la Loire a produit, en 1902, un total de 3 073 000 *t* de houille, chiffre en diminution de 723 000 *t* sur 1901.

La production d'agglomérés a été de 162 000 *t*, soit 50 000 t de moins qu'en 1901, et celle des cokes de 58 000, en diminution de 37 000 *t* sur le chiffre de 1901.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 5. — *31 janvier 1903.*

Exposition de Düsseldorf. — Les appareils de levage, par Ad. Ernst *(suite)*.

Installations électriques de force et de lumière aux ateliers de la Société Vulcan, par A. Böttcher *(suite)*.

Quelques leçons à prendre d'explosions récentes de chaudières à vapeur, par C. Bach.

La turbine à vapeur et la question des moteurs thermiques, par A. Stodola *(suite)*.

Le système des primes pour la rémunération des ouvriers, par F. Preuss.

Groupe de Mannheim. — Le gaspillage du combustible dans le chauffage des chaudières et les moyens d'y remédier.

Revue. — Réforme des écoles. — École technique supérieure de Breslau. — Etat comparatif, au 1er janvier 1901 et au 1er janvier 1902, des chemins de fer en exploitation dans les divers pays de l'Europe. — Introduction de la traction électrique sur le chemin de fer de l'Arlberg.

N° 6. — *7 février 1903.*

Exploitation du chemin de fer de la Valteline avec courants électriques à haute tension, par E. Cserháti et K. von Kandó.

Expériences sur la résistance des meules en émeri et en carborundum, par M. Grübler.

La turbine à vapeur et les moteurs thermiques, par A. Stodola *(suite)*.

Influence, sur le fonctionnement des séparateurs d'huile, de la qualité des huiles introduites dans les cylindres à vapeur, par C. Bach.

Discours prononcé à l'occasion de l'anniversaire de la naissance de l'Empereur Guillaume II, par O. Kammerer, recteur de l'École technique supérieure de Berlin.

Groupe de Chemnitz. — Appareils de chauffage à grille tournante de Piontеck. — Phénomènes particuliers à la marche de chaudières combinées avec deux réservoirs de vapeur. — Procédés en usage actuellement pour la taille des dents d'engrenages.

Revue. — Établissement municipal d'enseignement technique de Manchester.

N° 7. — *14 février 1903.*

Recherches sur les transmissions à vis sans fin, par C. Bach et E. Roser.

Installations électriques de force et de lumière aux ateliers de la Société Vulcan, par A. Böttcher *(suite)*.

Exposition de Düsseldorf. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

Généralisation de la formule d'Euler pour la flexion, par F. Wittenbauer.

Groupe de Berg. — Les bases de la nouvelle électro-chimie.

Bibliographie. — Développement de l'industrie houillère dans les provinces rhénanes et la Westphalie dans la seconde moitié du XIX^e^ siècle, par l'Association des intérêts miniers du district de Dortmund.

Revue. — Aperçu sur l'activité de l'École technique supérieure de Charlottenburg dans l'exercice 1901. — Mémoire sur la question du caoutchouc.

N° 8. — *21 février 1903.*

Exposition de Düsseldorf. — Les usines métallurgiques, par F. Frölich *(suite)*.

La turbine à vapeur et les moteurs thermiques, par A. Stodola *(suite)*.

Exploitation du chemin de fer de la Valteline avec courants électriques à haute tension, par E. Cserháti et K. von Kandó *(suite)*.

Exposition de Düsseldorf. — Les machines de l'industrie textile, par G. Rohn *(suite)*.

Groupe de Hanovre. — Appareil de chauffage de Steinau. — Acier pour outils à travail rapide. — Vitesse des navires à vapeur. — Formes artistiques de la nature. — Fabrication des tubes.

Revue. — Les installations électriques en Allemagne. — Arrangement des soutes à combustible. — Goélette américaine à sept mâts. — Dépense de travail de perceuses à commande électrique.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :
A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

III[e] SECTION

Évolution de la Fonderie de cuivre (1), par M. Ch. Frémont. sous la direction de MM. A. Muller et P. Roger.

Cet ouvrage, édité d'une manière très luxueuse, suit le développement de la fonderie de cuivre depuis les plus anciens documents connus. Reprenant les choses à l'origine, il commence par examiner les procédés anciens de l'exploitation des mines et de la métallurgie du cuivre, en reproduisant les documents les plus intéressants d'Agricola, de Biringuccio, de Ramelli, Karsten, Morand, Jars, etc. Puis il entre dans de grands détails sur l'évolution des fourneaux et de l'outillage, la fonte des divers objets, canons. cloches, statues équestres, et termine par quelques documents sur la Corporation des Fondeurs-Mouleurs et autres Corporations du XIII[e] siècle.

On y trouve résumés et représentés, par des reproductions d'estampes très soignées, une quantité de détails qu'il fallait rechercher jusqu'à présent dans des ouvrages chers ou presque introuvables.

Nous croyons donc qu'il sera particulièrement intéressant pour les Ingénieurs désireux de savoir comment on est arrivé graduellement, des procédés les plus anciens et les plus barbares, aux perfectionnements connus de nos jours.

A. de Gennes.

Les richesses minérales de l'Afrique (2), par L. de Launay. Ingénieur en chef des Mines.

M. de Launay est un des auteurs français qui ont le plus écrit sur les mines depuis une dizaine d'années. Son grand traité des « *Gites minéraux et métallifères* », publié en 1893, en collaboration avec M. Fuchs. est classique; je l'ai souvent vu entre les mains d'Ingénieurs étrangers: espagnols, russes et américains. Ses théories sur la genèse des gites métalliques, qui sont la continuation et l'affirmation de celles des maitres de la science géologique française, Élie de Beaumont et Daubrée, Fouqué et de Lapparent, sont admises partout; elles ont été citées avec éloge au Congrès de Chicago où fut présenté et discuté avec tant d'éclat et de science pratique le fameux mémoire de M. Posepny : *The Genesis of ore-deposits*. On peut dire, d'ailleurs, de M. de Launay, qu'il est plus connu et apprécié à l'étranger que dans son pays : privilège rare et bien enviable.

Son nouvel ouvrage sur les richesses minérales de l'Afrique vient à

(1) In-8°, 300 × 220 de IV-380 p. avec 349 fig. Paris, Typographie Philippe Renouard, 1903.

(2) In-8°, 250 × 160 de 416 p. avec 71 fig. Paris et Liège, Ch. Béranger, 1903. Prix : relié, 20 francs.

point. Son but, comme il le dit lui-même dans l'Introduction, est de faire connaître les ressources minérales de ce vaste continent, hier si ignoré, demain ouvert de tous côtés à la civilisation; une partie notable de l'Afrique est française, c'est donc rendre service aux explorateurs et aux colons que de condenser, en un seul ouvrage, tout ce que l'on sait des richesses minières de l'Algérie, de la Tunisie, du Soudan, de la Guinée et de Madagascar. Les autres régions africaines attirent également l'attention par leurs richesses, les unes réelles, les autres surfaites; or, un jugement impartial aura l'avantage de signaler ce que présentent souvent de spéculatif et d'hypothétique certains brillants mirages aurifères.

Un aussi important travail aurait pu faire reculer de plus vaillants, car en dehors de quelques visites minières faites par l'auteur en Tunisie, en Algérie, au Maroc, en Égypte et au Transwaal, il lui a fallu recourir à des renseignements de seconde main et ne mentionner ceux-ci qu'après un contrôle toujours difficile et souvent purement théorique. Sans doute, d'autres viendront qui signaleront les imperfections du travail; mais en attendant, celui-ci constitue une œuvre éminemment utile pour l'étude des ressources minérales et la prospection de ce vaste continent ouvert si rapidement de tous côtés à la civilisation et aux entreprises industrielles.

Le livre est divisé en deux parties :

1° L'étude des gisements, par métal;

2° L'étude des gisements, par région.

Cette division a l'inconvénient de faciliter les redites et d'éparpiller peut-être inutilement les documents qui concernent chaque pays; mais enfin si la critique peut se justifier, elle est également discutable. Heureusement, les chapitres concernant nos colonies ont reçu un développement considérable et le lecteur français y trouvera tous les renseignements actuellement connus; on est frappé, disons-le en passant, lorsque l'on parcourt ces chapitres, du développement que l'industrie des mines a pris et, surtout, est appelée à prendre dans nos colonies africaines.

Le fer, les pyrites, le zinc, le plomb, les phosphates, les marbres, etc., abondent en Algérie et en Tunisie. A Madagascar, les ressources minérales paraissent encore plus grandes; on s'est malheureusement trop porté, au début de la conquête, sur les gisements d'or qui, grossis par l'imagination et la spéculation, se sont fondus le jour où l'on a tenté de les exploiter sérieusement. Mais, comme le dit si justement M. de Launay, cet engouement est maintenant passé et l'activité des prospecteurs découvre chaque jour des richesses minières plus modestes, mais réelles, dans cette superbe colonie.

Au Sénégal, à la Côte d'Or, à la Côte d'Ivoire, les mines d'or ont été plus exploitées par les spéculateurs que par les mineurs. Il suffit de citer, pour le Sénégal, par exemple, les fameuses mines de la Falémé, du Bambouk. A la Côte d'Ivoire « les résultats fructueux, obtenus dans » les spéculations relatives aux gisements d'or de la Côte d'Or anglaise, » ont naturellement donné l'idée d'inciter des actionnaires français, » avec les arguments patriotiques que l'on devine, à rechercher le pro-

» longement de la zone aurifère sur la Côte d'Ivoire française et à mettre » en valeur les gisements d'alluvions signalés par Binger, vers 1887. » D'où, à la fin de 1901, l'éclosion de Sociétés, relatives à ce qu'on a » appelé une Nouvelle-Californie ».

Les mines d'or du Transwaal et les diamants du Cap font l'objet d'études spéciales qui complètent celles que l'auteur a déjà publiées antérieurement, en 1896 et 1897.

Ces diverses monographies minières, par métal comme par région, sont accompagnées de cartes précisant toutes les indications géographiques et géologiques destinées à les faire bien comprendre.

Il est facile de conclure, après les rapides considérations qui précèdent, que l'ouvrage de M. de Launay rendra service aux Ingénieurs et aux Explorateurs, et renseignera précieusement ceux que viendraient tenter les trop habiles prospectus de certains lanceurs d'affaires de mines africaines.

P.-F. CHALON.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 4534-3-03. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MARS 1903

N° 3

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de mars 1903, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

GIRARD (A.) ET LINDET (L.). — *Le froment et sa mouture. Traité de meunerie*, d'après un manuscrit inachevé de Aimé Girard, par L. Lindet (in-8°, 250 × 165 de VII-356 p. avec 85 fig. et 3 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1903 (Don de l'éditeur). 42580

Revenue Report of the Government of Bengal, Public Works Department, Irrigation Branch, for the year 1901-1902 (in-4°, 330 × 210 de II-96 p. avec 1 carte). Calcutta, Bengal Secretariat Press, 1903 42539

Triennial Revenue Report of the Public Works Department, Irrigation Branch Bengal, for the three years ending 1901-1902 (in-4°, 330 × 210 de 112 p.). Calcutta, Printed at the Bengal Secretariat Press, 1903. 42529

Chemins de fer et Tramways.

La Ruelle (J. de). — *Contrôle des chemins de fer et des tramways*, par Jean de La Ruelle (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16, 185 × 120 de 747 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903 (Don de l'éditeur). 42531

Lelarge (G.). — *Note sur différents types de voitures automotrices de tramways électriques (Rive gauche. Est et Ouest Parisien. Nord-Parisiens. Vanves à Paris et Extensions)*, par M. Gustave Lelarge (Extrait de la Revue générale des chemins de fer et des tramways. Nos de janvier et février 1903) (in-4°, 320 × 225 de 43 p. avec 4 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42534

Traction électrique urbaine et suburbaine (Extrait des Comptes rendus de l'Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Montauban 1902. Séances générales, pages 464 à 544) (in-8°, 235 × 150 de 81 p.). Paris, Secrétariat de l'Association. 42566

Chimie.

Guillet (L.). — *L'Industrie des métalloïdes et de leurs dérivés*, par Léon Guillet (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 187 p. avec 28 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1903 (Don de l'éditeur). 42557

Ostwald (W.) et Hollard (A.). — *Les principes scientifiques de la chimie analytique*, par W. Ostwald. Traduit avec l'autorisation de l'auteur sur la 3e édition allemande, par Auguste Hollard (Bibliothèque technologique) (in-8°, 230 × 145 de v-219 p.). Paris, C. Naud, 1903 (Don de l'éditeur). 42523

Ozard (E.). — *La pratique des fermentations industrielles*, par M. Elisée Ozard (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 168 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1903 (Don de l'éditeur). 42556

Taveau (A.). — *Épuration des eaux d'alimentation de chaudières et désincrustants*, par A. Taveau (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 159 p. avec 19 pl.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42579

Construction des Machines.

Compte rendu des séances du 26e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur tenu à Paris en 1902 (in-8°, 250 × 165 de 263 p.). Paris, Imprimerie E. Capiomont et Cie. 42575

The Manchester Steam Users' Association. Memorandum by Chief Engineer for the year 1902 (in-8°, 240 × 155 de 32 p.). Manchester, Taylor, Garnett, Evans and Co, 1902. 42574

Économie politique et sociale.

Baulez (Th.). — *Les habitations à bon marché en Angleterre. Compte rendu des travaux de la Délégation envoyée en Angleterre par le Comité des habitations à bon marché du département de la Seine,* présenté par Charles Baulez (in-8°, 240 × 155 de 38 p.). Cempuis, Imprimerie de l'Orphelinat Prevost, 1899 (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.). 42546

Comité des habitations à bon marché du département de la Seine. Rapports annuels 1899, 1900, 1901 (3 brochures in-8°). Cempuis, Imprimerie de l'Orphelinat Prevost, 1900-1902 (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.). 42543 à 42545

Martin Saint-Léon (Ét.). — *Cartells et Trusts,* par Ét. Martin Saint-Léon (in-18°, 185 × 120 de VIII-248 p.) (Bibliothèque d'Économie sociale. Collection publiée sous la direction de M. Henri Joly). Paris, Librairie Victor Lecoffre, 1903 (Don de M. N. Sergueff, M. de la S.). 42578

Office national du commerce extérieur. Exercice 1902. Extrait des Rapports présentés au Conseil d'administration par le Comité de Direction. Pièces annexes. Loi. Convention et décrets relatifs à l'Office national du commerce extérieur. Liste des Conseillers du commerce extérieur de la France (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (in-8°, 235 × 155 de 132 p.). Paris, Paul Dupont, 1903. 42582

Rapport du Conseil supérieur des habitations à bon marché à M. le Président de la République. Années 1897 et 1899 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail et de l'Industrie. 3e Bureau. Division de l'assurance et de la prévoyance sociale) (2 brochures in-8°, 210 × 130 de 53 p. et de 39 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1898, 1900. (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.). 42541 et 42542

Rapport sur les principales causes de l'accroissement de l'importation des machines étrangères (Syndicat des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs) (in-4°, 315 × 245 de 8 p.). Paris, A. Fayolle, 1902 (Don du Syndicat des mécaniciens). 42520

Électricité.

Laffargue (J.). — *Manuel pratique du monteur électricien. Le mécanicien chauffeur électricien. Cours d'Électricité industrielle pratique fait à la Fédération générale professionnelle des chauffeurs-mécaniciens électriciens de France et d'Algérie,* par J. Laffargue (Bibliothèque des Actualités industrielles N° 51). Sixième édition entièrement refondue et considérablement augmentée (in-16, 180 × 125 de VIII-1 012 p. avec 690 fig. et 5 pl.). Paris, Bernard Tignol, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42533

Géologie et Sciences naturelles diverses

MIRON (F.). — *Étude des phénomènes volcaniques. Tremblements de terre. Éruptions volcaniques. Le cataclysme de la Martinique 1902*, par François Miron (in-8°, 220 × 130 de VI-320 p. avec 46 fig.). Paris, Ch. Béranger, 1903 (Don de l'éditeur). 42559

Législation.

Annuaire de la Société centrale des Architectes français. Statuts et règlement. Caisse de défense mutuelle des Architectes. Annuaire 1903 (in-8°, 240 × 160 de 108-38-8 p.). Paris, Siège de la Société. 42535

Association amicale des Élèves de l'École nationale supérieure des Mines. 38e annuaire, arrêté au 1er novembre 1902. 1902-1903 (in-8°, 240 × 160 de 224 p.). Paris, Siège social. 42576

Liste générale des Membres de la Société des Agriculteurs de France et des Associations affiliées, par ordre alphabétique et par départements, arrêtée au 15 janvier 1903 (in-8°, 250 × 160 de 328 p.). Paris. Hôtel de la Société, 1903. 42555

Statuten des Elektrotechnischen Vereines in Wien nach der durch einhelligen Beschluss der ausserordentlichen Generalversammlung vom 11. December 1901 und der XX. ordentlichen Generalversammlung vom 26. März 1902 angenommenen Fassung (in-8°, 255 × 165 de 9-3 p.). Wien, Druck von R. Spies und C°. 42554

Syndicat professionnel des Usines d'électricité. Annuaire 1903. Huitième année (in-8°, 240 × 155 de XII-279 p.). Paris, Siège social. 42577

Médecine, Hygiène, Sauvetage.

Revue d'Hygiène et de police sanitaire. Tables générales (Années 1879 à 1901 dressées, par M. le Docteur Vallin. *1° Table analytique des matières, 2° Table par noms d'auteurs* (in-8°, 235 × 150 de 163 p.). Paris, Masson et Cie, 1902. 42538

Métallurgie et Mines.

BORDEAUX (A.). — *Les placers aurifères de la Sibérie*, par A. Bordeaux (Extrait de la Revue universelle des Mines, etc., tome 1er, 4e série, page 109, 47e année, 1903) (in-8°, 245 × 160 de 103 p. avec 3 pl.). Liège, Paris, H. Le Soudier, 1903 (Don de l'auteur). 42536

DUMAS (L.). — *Les aciers non magnétiques*, par M. L. Dumas (Réunion des Membres français et belges de l'Association internationale des méthodes d'essais des matériaux de construction. Procès-verbal de la séance du 29 novembre 1902, pages 17 à 30) (in-4°. 280 × 220 de 14 p.) (Don de l'auteur, M. de la S.). 42581

Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1901 (Ministère des Travaux publics. Direction des routes, de la navigation et des mines. Division des mines) (in-4°, 310 × 235 de XII-300 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 42571

ZABÉ (J.-B.). — *Traité pratique de l'art de tremper l'acier, le fer, la fonte, le cuivre et le bronze; suivi de nombreux renseignements sur les diverses propriétés des métaux*, par J.-B. Zabé (in-8°, 240 × 150 de VI-104 p. avec 43 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1903. (Don de l'éditeur). 42560

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Ausschuss zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den der Ueberschwemmungsgefahr besonders ausgesetzten Flussgebieten. Beantwortung der im Allerhöchsten Erlasse vom 28. Februar 1892 gestellten Frage B. Welche Massregeln können angewendet werden, etc. (in-4°, 333 × 215 de 76 p.). Berlin, Otto Elsner, 1902 (Don de M. H. Stever). 42525

Der Bau des Dortmund-Ems-Canals. Bearbeitet im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten. Mit 124 Abbildungen im Text und 31 Tafeln im Atlas (Sonderdruck aus der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1901 und 1902) (in-4°, 350 × 260 de 100 p. avec 124 fig. et atlas, 450 × 290 de 31 pl.). Berlin, Wilhelm Ernst und Sohn, 1902 (Don de M. H. Stever). 42526 et 42527

GATTICO (G.). — *Progetto di massima di una derivazione a sponda destra del Ticino per l'agro Novarese-Lomellino*, per l'Ing. G. Gattico (in-4°, 330 × 240 de XI-113 p. avec atlas même format de XI pl.) (Collegio degli Ingegneri ed Architetti delle Provincia di Novara). Novara, C. Cantone, 1902. 42521 et 42522

HERSENT (J.). — *Ports maritimes et fluviaux. Rapport*, par M. Jean Hersent (2e Congrès national des Travaux publics français. Paris 9-13 février 1903, 1re section) (in-8°, 270 × 180 de 84 p. avec 6 pl.). Paris, Secrétariat général (Don de l'auteur, M. de la S.). 42540

HUERGO (L.-A.). — *Navegación interna en la Repúblical Argentina. Canal de Córdoba al Rio Paraná*, por el Ingeniero Luis A. Huergo (De la Revista Tecnica) (in-8°, 240 × 165 de 433-II p. avec 2 appendices et 4 pl.). Buenos-Aires, Imprenta de la Revista Tecnica, 1902. 42583

List and Catalogue of the Publications issued by the U. S. Coast and Geodetic Survey 1816-1902. by E. L. Burghard, Librarian (Treasury Department. United States Coast and Geodetic Survey. G. H. Tittmann Superintendent) (in-8°, 290 × 190 de 239 p.). Washington, Government Printing Office, 1902. 42572

Routes.

FRICK (P.) ET CANAUD (J.-L.). — *Tracé et terrassements. Tracé*, par P. Frick. *Terrassements*, par J. L. Canaud (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16°, 185 × 120 de 671 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903 (Don de l'éditeur). 42532

Sciences mathématiques.

CHAIGNEAU (H.). — *Stabilité et résistance des constructions métalliques*, par H. Chaigneau (Bulletin technologique de la Société des anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers. Novembre 1902. N° 11, pages 1 319 à 1 416) (in-8°, 215 × 135 de 98 p. avec 3 pl.). Paris, Imprimerie Chaix, 1902 (Don de l'auteur).

42561 à 42564

SAMPAIO (C.). — *Geometria applicada. Theoria das sombras. Theoria das imagens brilhantes. Perspectiva linear*, por Carlos Sampaio (in-8°, 225 × 155 de 404 p.). Rio de Janeiro, Domingos de Magalhaès, 1894 (Don de M. E. Cardoso, de la part de l'auteur).

42558

Sciences morales. — Divers.

Dictionnaire des communes (France et Algérie) avec Indication des perceptions dont chaque commune fait partie. Suivi de la liste alphabétique des communes, des colonies et des protectorats. Nouvelle édition entièrement mise à jour (in-8°, 205 × 140 de XII-716 p. à 2 col.). Paris, Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1903. 42537

Technologie générale.

Association française pour l'avancement des sciences fusionnée avec l'Association scientifique de France. Notice historique (in-8°, 240 × 150 de 24 p.). Paris, Secrétariat de l'Association. 42565

Congrès international du pétrole. Première session. Paris 1900. Notes, Mémoires et Documents (in-8°, 255 × 165 de 216 p.). Paris, Imprimerie du Journal du Pétrole, 1902 (Don de M. H. Neuburger, M. de la S.). 42518

PICARD (A.). — *Rapport général administratif et technique sur l'Exposition universelle internationale de 1900*, par Alfred Picard. *Tome premier* (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (in-8°, 285 × 195 de 486 p. avec 41 pl.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.).

42570

Rapports du Jury international. Groupe X. Aliments. Première partie. Classes 55 à 59 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900, à Paris) (in-8°, 285 × 195 de 432 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire Général de l'Exposition universelle de 1900). 42530

Revista do Club de Engenharia. Dezembro de 1900; Janeiro de 1901; Fevereiro de 1901; Março de 1901; Abril de 1901; Maio de 1901; Junho a Dezembro de 1901. IV^e série. N^os 1 à 7 (7 brochures in-8°, 265 × 185). Rio de Janeiro, Imprensa nacional, 1901-1902.
42547 à 42553

Vierzigstes Bulletin der Gesellschaft ehemaliger Studierender des Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich, Dezember 1902 (in-8°, 220 × 150 de 54 p.). 42528

Travaux Publics.

Annales des Ponts et Chaussées. 1^re partie. Mémoires et Documents. 72^e année, 8^e série. Tome VII, 1902. 3^e trimestre (in-8°, 255 × 165 de 255 p. avec pl. 17 à 19). Paris, E. Bernard et C^ie. 42524

Annual Report of the Street Department of the City of Boston for the year 1901 (in-8°, 235 × 155 de VII-280 p. avec 1 carte). Boston, Municipal Printing Office, 1902. 42573

Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire municipal de Montsouris. Travaux des années 1900 et 1901 sur les eaux de sources alimentant la ville de Paris. Procès-verbaux de la Commission. Rapports généraux sur les eaux alimentant Paris. Étude des eaux dérivées. Études concernant des eaux nouvelles (République Française. Préfecture de la Seine. Direction des Affaires municipales) (in-4°, 270 × 215 de 615 p. avec pl.). Paris, Imprimerie Chaix, 1902 (Don de M. le Préfet de la Seine). 42519

Plan and Elevation of the Patent Iron Bar Bridge over the river Tweed near Berwick (une photographie 580 × 455 exécutée par l'atelier de photographie de l'École des Ponts et Chaussées d'après une gravure). London, Published by. J. Taylor, 1823 (Don de M. Feray, M. de la S.). 42568

The Cast Iron Bridge over the river Severn near Coalbrookdale (une photographie 580 × 455 exécutée par l'atelier de photographie de l'École des Ponts et Chaussées d'après une gravure). London, Published by. J. Taylor, 1823 (Don de M. Feray, M. de la S.). 42567

View of the Suspension Bridge now erecting over the Menai Strait near Bomgor in Carnawonshire (une photographie 580 × 455 exécutée par l'atelier de photographie de l'École des Ponts et Chaussées d'après une gravure) (Don de M. Feray, M. de la S.). 42569

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois de mars 1903, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

H.-F.-L. Ancarani,	présenté par MM.	Béliard, J. Hebert, J. Japy.
L.-F.-J. Boudreaux,	—	Marillier, L. Périssé, Robelet.
E.-L.-M. Delmas,	—	Canet, Schneider, Geny.
F. Gros,	—	de Dax, Mallet, Poliakoff.
L. Hamm,	—	Lacaze, Laurain, Robert.
L. Hatzfeld.	—	Brüll, L. Sée, P. Sée.
G. Mahoux,	—	Collin, Minder, Pélissier.
E. Milon,	—	Brüll, Eiffel, Charton.
R.-M.-L.-J. Pairier,	—	Arbel, Brillié, Ambroise Farcot.
J.-A. Ruffin,	—	Brousse, Charpentier, Thézard.
J. Sindreu y Mota,	—	Schierbeck Esclus, Brunet, de Madrid Davila.

Comme Membre Associé, M. :

H. de Bloch,	présenté par MM.	Bodin, de Dax, Zbyszewski.
L.-H. Bonnard,	—	Delatte, Chassin, Charlot.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1903

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 6 MARS 1903

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de :

MM. Henri Guasco, Membre de la Société depuis 1885. — Ingénieur Civil.

Louis Pile, Membre de la Société depuis 1889. — Fabricant de ses divers appareils brevetés.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues, les sentiments de condoléances de la Société toute entière.

M. LE PRÉSIDENT a, par contre, le plaisir d'annoncer les décorations suivantes :

Ont été nommés Officiers d'Académie : MM. H. Desrumaux et P. Pedrazzi.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un des prochains bulletins.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. de Traz se trouvant dans l'impossibilité de faire sa communication, notre Collègue, M. Laurain, a bien voulu le remplacer, et nous donner, ce soir, une série de renseignements sur l'Exposition Universelle de Saint-Louis, qui doit avoir lieu en 1904.

M. le Président rappelle à ce propos que lors de l'Exposition de Chicago, en 1893, un voyage aux États-Unis avait été organisé entre les Membres de la Société, et que ce voyage, qui avait été des plus intéressants et des plus instructifs, avait réuni plus de quarante adhésions.

Le Comité verra s'il n'y a pas lieu d'organiser, pour 1904, un voyage analogue.

M. LE PRÉSIDENT dit que notre Collègue, M. Canovetti, en ce moment de passage à Paris, lui a demandé d'être autorisé à exposer devant la Société, d'une façon succincte, le résultat des recherches et des expériences auxquelles il s'est livré depuis plusieurs années relativement à la résistance de l'air. Un mémoire de notre Collègue sur le même sujet lui a déjà valu diverses récompenses, entre autre de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

M. C. CANOVETTI a la parole pour l'exposé de ses *Recherches et Expériences sur la résistance de l'air*.

M. C. CANOVETTI remercie M. le Président d'avoir bien voulu modifier l'ordre du jour pour lui donner la parole.

Il dit que, depuis de longues années, il s'occupe des problèmes de la résistance de l'air, consacrant ainsi son temps à des expériences difficiles et coûteuses. Il a fait ses expériences dans les environs de la ville de Brescia, en un endroit complètement abrité des vents du sud et des vents latéraux, et où les vents du nord sont très rares.

M. Canovetti explique qu'il s'est servi, comme guide, d'un fil d'acier de 8 *mm* de diamètre et de 140 *m* de longueur; que ce fil ne présentait qu'une flèche négligeable. Il a commencé ses expériences sur les surfaces planes. Il expose les difficultés qu'il a rencontrées, notamment à déterminer le coefficient de sa formule, qui varie de 70 à 80 pour un cercle, à cause des variations dans la vitesse. Il parle ensuite de ses expériences sur les solides de différentes formes, explique l'influence de la proue et de la poupe dans des solides constitués par un cône et par une calotte sphérique. Dans ce cas, il a obtenu des coefficients variant entre 19 et 25. Il en conclut que pour qu'un solide garde, dans l'air, la position qu'il doit occuper, en marchant la pointe en avant, son centre de gravité doit être en avant.

M. Canovetti entre encore dans certaines considérations sur l'influence de la variation de la vitesse des mobiles, sur la compression de l'air et sur l'influence de l'angle pour les surfaces obliques. Pour les angles de faible ouverture, il a vérifié la loi du sinus; mais pour les angles importants, il a dû déterminer une courbe d'expérience.

La conclusion en est que le moindre angle présente un avantage marqué sur le plan. Enfin, comme M. Canovetti ne peut, dans le court laps de temps qui lui est accordé, développer comme il conviendrait le compte rendu de ses expériences, il prie les Collègues, que cela intéresserait, de bien vouloir se reporter au Mémoire qu'il a déposé à la Société des Ingénieurs Civils.

M. SORBAU met en garde ses Collègues contre les coefficients résultant des expériences d'aéro et d'hydrodynamique qu'on a l'habitude de faire sur des plans de petites dimensions; en examinant de près les condi-

tions du mode d'écoulement des fluides, on s'aperçoit que ces coefficients varient beaucoup suivant qu'on considère un petit plan d'expérience ou celui d'un aéroplane, une carène comme celle de M. Canovetti ou la carène d'un ballon dirigeable; de sorte que, quel que soit l'intérêt des expériences de notre Collègue, il ne faut leur attribuer qu'une importance restreinte.

En ce qui concerne la loi du carré de la vitesse, M. Soreau rappelle qu'il l'a déduite, dans un champ beaucoup plus large, de considérations sur la Balistique.

M. Canovetti répond qu'il est d'accord avec M. Soreau, mais que s'il n'a opéré que sur de petits modèles, c'est que les expériences sur les locomotives, les automobiles ou les ballons l'auraient entraîné à des frais trop considérables.

M. le Président remercie M. Canovetti de son intéressante communication.

M. H. Laurain a la parole pour sa communication sur l'*Exposition de Saint-Louis de 1904*.

M. H. Laurain indique que ce n'est nullement une communication qu'il va présenter, mais bien un simple exposé des renseignements qui ont pu être recueillis au Secrétariat de la Société sur la grande manifestation industrielle et scientifique qui doit avoir lieu, en 1904, à Saint-Louis (États-Unis d'Amérique).

Il rappelle que. lors de l'Exposition de Chicago, en 1893, une délégation de la Société s'est rendue à la très aimable invitation qui lui avait été adressée par les Ingénieurs des États-Unis, et aussi par ceux du Canada.

C'est M. Louis Rey qui présidait la délégation. M. Rey a rendu compte du voyage de cette délégation dans un mémoire qui a paru dans notre Bulletin d'octobre 1893.

M. Laurain souhaite bien vivement que les savantes et fidèles descriptions de M. Rey tentent le plus grand nombre de nos Collègues et les incitent à entreprendre le voyage de Saint-Louis. En ce moment, l'industrie française a plus besoin que jamais de ne pas ignorer ce qui se passe dans un pays dont l'activité féconde fait l'admiration de tous.

M. Laurain rappelle que le Comité a décidé le principe d'une participation de notre Société à l'Exposition de Saint-Louis, et il indique que la question est toute d'actualité en raison du voyage récent, en Europe, de M. Francis David, Président de l'Exposition de Saint-Louis. M. David a reçu à Paris, des pouvoirs publics, un accueil empressé, ce qui fait espérer que le Gouvernement français fera tous ses efforts pour que l'industrie française participe largement à l'Exposition en question.

M. Laurain rappelle que les grandes Expositions aux États-Unis ont eu lieu à l'occasion de la commémoration d'un événement important; celle de Philadelphie, en 1876, coïncidait avec le centenaire de la déclaration de l'indépendance des Etats-Unis; celle de Chicago, en 1893, a permis de célébrer très grandiosement le quatre centième anniversaire de la découverte de Christophe-Colomb. Celle de Saint-Louis aura lieu

en souvenir de l'acquisition de LA LOUISIANE par les États-Unis. Primitivement, cette dernière Exposition devait avoir lieu en 1903, mais on a reconnu, à temps, qu'il y avait de trop sérieux retards et on a pris la décision radicale de reculer l'ouverture d'un an. Ce n'est donc qu'en 1904, au mois de mai, que l'ouverture aura lieu.

L'emplacement choisi est situé à l'ouest de la ville *(Forest-Park)*, la superficie utilisée sera de 500 *ha*, dont 40 *ha* font partie de la future *Université de Washington*. Certains bâtiments qui seront édifiés à l'occasion de l'Exposition seront maintenus après la fermeture pour servir aux besoins de l'Université. Cette combinaison sera avantageuse, à la fois pour l'Exposition et pour l'Université.

M. Laurain montre une série de vues des différents Palais, et indique la classification qui sera la suivante :

Éducation;
Beaux-Arts;
Arts libéraux;
Manufactures (industries variées, matières textiles);
Machines:
Électricité;
Moyens de transport;
Agriculture. — Horticulture. — Forêts. — Pêches et Chasses.
Mines et Métallurgie;
Anthropologie;
Économie sociale;
Culture physique;
Congrès;
Iles Philippines et Iles Hawaï.

On fera tous les efforts pour amener les exposants à ne pas seulement exposer des machines finies, mais bien à produire sous les yeux des visiteurs de façon à montrer les différentes phases de toutes les transformations de la matière travaillée à ses différents états.

La participation du Gouvernement français sera importante et le Pavillon officiel de notre pays sera une reproduction scrupuleuse de ce merveilleux *Petit Trianon, de Versailles*. Le plan de l'Exposition qui a été projeté a permis de se rendre compte que ce Pavillon est magnifiquement placé à l'entrée de la rue des Nations.

M. LAURAIN pense qu'il est nécessaire de provoquer les initiatives industrielles et attire l'attention de nos Collègues sur cette importante Exposition. La Société des Ingénieurs Civils de France s'efforcera de se tenir au courant des questions touchant à cette Exposition.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Laurain des renseignements qu'il nous a donnés sur l'Exposition de Saint-Louis.

Il est à désirer qu'on puisse organiser, en 1904, pour les Membres de la Société, un voyage comme cela a eu lieu, en 1893, à l'occasion de l'Exposition de Chicago.

M. E. CACHEUX a la parole pour sa communication sur une *Nouvelle Loi relative aux habitations à bon marché*.

M. E. CACHEUX annonce que M. le sénateur Strauss a déposé un

projet de loi demandant quelques modifications à la loi du 30 novembre 1894 sur les habitations à bon marché, et qu'il serait très heureux d'avoir les avis de ses Collègues sur les *desiderata* d'hommes pratiques dont nos législateurs pourraient tenir compte.

Quant à lui, les observations que le projet de loi lui suggère sont les suivantes :

Article premier. — Dans un certain nombre de communes, situées près de villes importantes, la valeur des loyers est excessive, et la loi sur les habitations à bon marché ne peut être appliquée.

Il en est ainsi de stations balnéaires, où les ouvriers mariés ne trouvent pas à se loger. Dans le cours d'une enquête faite par M. Cacheux pour arriver à loger convenablement des douaniers du littoral breton, il constate qu'il était impossible dans bien des communes de louer un logement de deux pièces pour la somme de 100 à 120 *f*, somme que ces employés de l'État affectent en général à leur loyer.

Dans les environs de Paris, la construction coûte souvent plus cher que dans la capitale; c'est pourquoi on pourrait modifier la loi en disant qu'à Paris et dans les communes suburbaines où l'on applique sa série de prix, les avantages de la loi seront appliqués à des maisons dont le loyer ne dépasse pas 375 *f*.

La même remarque pourrait s'appliquer aux petites communes, voisines de grandes villes où les travaux sont réglés conformément à une série de prix acceptée par la municipalité.

Article 4. — M. Cacheux estime que la réduction de 2,75 0/0 sur les droits de mutation n'est pas suffisante pour déterminer une augmentation du nombre de maisons vendues par annuités.

En pratique, on loue, en général, les maisons avec promesse de vente, et l'on ne réalise la vente qu'après paiement d'une somme assurant l'exécution du contrat.

Cette manière de procéder est désavantageuse pour le vendeur et pour l'acquéreur; c'est pourquoi il serait préférable d'exiger un droit de vente lors de la signature du contrat, et de ne faire payer ces droits de mutation qu'au moment de la signature de la quittance du solde du prix d'acquisition.

Si cette disposition était adoptée pour les maisons à bon marché, l'État bénéficierait de cette mesure, car la perte qui résulterait du retard produit dans le paiement des droits de mutation serait compensée par l'augmentation du nombre de ventes par annuités.

Il serait désirable, en outre, que les avantages de la loi sur les habitations à bon marché ne soient pas appliqués à une propriété qui ne serait pas desservie par une voie classée, c'est-à-dire pourvue d'un égout, éclairée, mise en un mot, en bon état de viabilité.

Le jour où le projet de loi sera adopté par nos Chambres il sera assez facile d'obtenir de l'argent, grâce à M. Siegfried, qui a fondé une Société dont le but est d'escompter au taux de 3 0/0 les obligations émises par les Sociétés créées en vertu de la loi du 30 novembre 1894. Le terrain convenable sera plus difficile à obtenir que les capitaux, à bon marché. Un particulier ne peut pas, dans la plupart des cas, se procurer l'emplacement dont il aurait besoin pour construire économiquement des

logements salubres. M. Cacheux cite des exemples qui font voir les difficultés que les constructeurs rencontrent de ce chef. Une commune a les pouvoirs nécessaires à cet effet, mais en France les municipalités ne favorisent pas la construction des maisons à petits logements.

M. Cacheux dit que lorsqu'on a de l'argent et des terrains il est facile de construire des maisons à petits logements, et il fait passer sous les yeux des assistants divers types d'habitations à bon marché qui sont usités en France et à l'Étranger. Il constate avec satisfaction que les types français sont les plus pratiques et les mieux distribués.

Les constructions les plus économiques, dont il fait voir les projections, sont les maisons à quatre étages construites par notre collègue, M. Coignet, pour le compte de la Société des Habitations économiques de Saint-Denis. Ces maisons sont faites en béton de mâchefer; elles contiennent deux logements par étage. Quoique ces logements soient composés de trois pièces et cuisine, la Société les loue 300 *f* par an et distribue 3 1/2 0/0 de dividende à ses actionnaires. Les premières maisons à rez-de-chaussée de la Société de Passy-Auteuil, construites en béton Coignet, reviennent à *3400* et *3800 f.*

En Angleterre, des Sociétés ont construit des villes, composées de 2000 maisons très convenables. Lorsqu'on dispose de capitaux considérables, on peut acheter du terrain en culture et faire une ville qui bientôt est desservie par un chemin de fer et des tramways. Plusieurs industriels ont construit des villes de ce genre. M. Cacheux fait voir les colonies créées par M. Krupp à Cronenberg, Alfredshof, Altenhof, Friedrichshof et Brandenbusch.

Il cite également la ville de Pulmann-City, qui fait partie aujourd'hui de Chicago et constitue un de ses plus beaux quartiers.

M. Cacheux prouve par des exemples qu'il ne faut pas laisser une entière liberté aux constructeurs de maisons pour une famille, mais, qu'il est nécessaire de leur imposer l'observation sévère des règlements qui les obligent, non seulement à construire suivant les règles de l'art, mais encore à prendre les mesures nécessaires pour que le soleil pénètre dans toutes les parties des bâtiments et que les eaux usées ne se perdent pas dans le sol où elles souillent l'eau des puits qui sert aux usages domestiques. Lorsque les municipalités ont laissé se former des taudis sur leurs territoires, il est difficile et surtout très coûteux de les détruire. L'initiative privée est impuissante dans ce cas. Une société a essayé d'assainir à Amsterdam un îlot de 1800 m^2: elle a dépensé près d'un million, elle a construit des maisons à peu près convenables, mais elle n'a retiré que 2 0/0 de son argent et elle a renoncé à faire de pareilles opérations.

Le Conseil de Comté de Londres a dépensé près de 40 millions de francs pour assainir une centaine d'îlots où la mortalité dépassait 40 0/00.

Le Conseil de Comté, n'ayant pas trouvé à revendre les terrains déblayés, a construit des maisons à petits logements dont il retire un loyer qui lui permet de payer l'intérêt des sommes qu'il a empruntées et un amortissement suffisant pour se libérer en soixante ans.

L'exemple du Conseil de Comté n'a été suivi en grand jusqu'à présent que par la ville de Hambourg.

Néanmoins les autres villes de la Confédération germanique font de grands efforts pour assainir leurs quartiers insalubres.

Les municipalités allemandes agrandissent méthodiquement leurs territoires, elles acquièrent le terrain nécessaire pour les constructions pendant un délai déterminé, elles le lotissent, et, après avoir réservé les emplacements nécessaires aux bâtiments d'utilité publique dont elles auront besoin, elles vendent le terrain à bâtir qui leur reste.

Elles relient le terrain des faubourgs aux quartiers du centre par des moyens de communication rapides et économiques. Après avoir attiré la population dans les faubourgs, les municipalités appliquent rigoureusement les règlements sanitaires relatifs aux constructions qu'elles ont élaborés : elles provoquent ainsi une moins-value des immeubles insalubres situés dans les quartiers du centre, elles les acquièrent dans des conditions qui ne sont pas trop onéreuses, elles les démolissent et elles revendent les terrains après avoir fait des rues convenables.

La Ville de Paris a fait de grandes dépenses pour son embellisement et son assainissement; elle est arrivée à réduire la mortalité moyenne de ses habitants qui était de 33 0/00, au début du siècle dernier à 18,4 0/00; néanmoins nous ferons remarquer qu'il existe encore des quartiers dans son enceinte où la mortalité par tuberculose dépasse encore 10 0/00. Ce résultat peut être attribué à l'utilisation trop complète du terrain à bâtir, car nos constructeurs ne se préoccupent pas assez du proverbe qui dit que là où le soleil n'entre pas la maladie entre.

En résumé, nos municipalités devraient créer des caisses qui auraient pour objet de fournir les fonds nécessaires pour assainir leurs territoires, de façon que toutes les maisons d'habitation soient desservies par des rues en bon état de viabilité, munies de canalisations d'eaux potables et ménagères, éclairées, et bordées de trottoirs.

Les rues devraient être établies plus ou moins économiquement suivant qu'elles auront à desservir des maisons de commerce ou d'habitation.

L'argent nécessaire aux travaux d'assainissement sera facilement obtenu par des emprunts gagés par les taxes établies sur les propriétés desservies par des rues en bon état.

Enfin les communes devraient prendre des mesures pour empêcher les miséreux de venir s'établir sur leurs territoires, à moins qu'elles ne se chargent de leur entretien.

La mise à exécution de la loi sanitaire du 15 février 1902 provoquera de grands travaux qui permettront aux ingénieurs de s'occuper utilement et de résoudre plusieurs problèmes d'hygiène sociale comme l'ont fait le regretté Emile Muller et Mangini, qui ont créé, l'un la Cité ouvrière de Mulhouse, et l'autre la Société française, la plus importante d'habitations à bon marché.

M. le Président remercie M. Cacheux de sa communication et des projections intéressantes qui l'ont accompagnée.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. H.-F.-L. Ancarani, L.-F. Boudreaux, L. Hamm, L. Hatzfeld, J. Sindreu y Mota, comme Membres Sociétaires et de

M. L.-H. Bonnard, comme Membre Associé.

MM. E.-L.-M. Delmas, F. Gros, G. Mahoux, E. Milon, R. Pairier. J.-A. Ruffin sont admis comme Membres Sociétaires, et

M. H. de Bloch, comme Membre Associé.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
L. Baudet.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 20 MARS 1903

Présidence de M. P. Bodin.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. Le Président a le regret d'annoncer le décès de :

M. Alphonse Champouillon, ancien Élève de l'École Polytechnique, Membre de la Société depuis 1861, Chevalier de la Légion d'Honneur, ancien Inspecteur du matériel de la voie au Chemin de fer du Nord;

M. le Baron Marius de Vautheleret, Membre de la Société depuis 1882, Administrateur-Directeur de plusieurs Compagnies Minières.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de condoléance de la Société.

M. le Président a, par contre, le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Chevalier de la Légion d'Honneur: M. A.-G.-A. Charpy;

Chevalier de l'Ordre du Cambodge: M. Ch. Jablin-Gonnet.

M. M. Sohm a reçu une médaille d'or de la Société Industrielle du Nord de la France.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un des prochains Bulletins.

M. P. Arrachart a la parole pour sa communication sur *Quelques Progrès récemment réalisés dans les Machines à vapeur.*

M. P. Arrachart rappelle d'abord quelques dispositions que présentaient certaines machines à vapeur à l'Exposition de 1900, en ce qui concerne la régulation dans les machines Compound.

Dans quelques machines, le régulateur agissait simultanément sur la détente des deux cylindres. La répartition du travail entre les deux cylindres est plus satisfaisante, et l'action du régulateur plus prompte et plus énergique.

Ce mode d'action est très répandu en Amérique dans la disposition Cross-Compound, et certains ingénieurs allemands l'appliquent pour l'électricité destinée aux transports de force; ils préfèrent cependant en général les machines-jumelles qui donnent des efforts égaux sur les manivelles.

M. Arrachart examine ensuite la question de la surchauffe et montre qu'il y a intérêt à la pousser à des températures aussi élevées que possible: les soupapes seules permettent cet avantage.

Il donne la description de quelques systèmes de distribution exposés à Düsseldorf, avec une commande desmodromique ou à déclic: le premier mode permet une grande vitesse, mais on perd l'avantage des fermetures instantanées; le second limite la rapidité à cause de l'encliquetage.

On a cherché à réunir les avantages de ces deux dispositifs par l'emploi d'un distributeur auxiliaire: M. Arrachart décrit un de ces systèmes, très simple et dont les avantages sont les suivants : emploi des fortes pressions et de la haute surchauffe: rendement mécanique élevé; grande vitesse de rotation; économie de vapeur; fonctionnement absolument silencieux.

M. Arrachart termine sa communication par la description succincte de la Turbine à vapeur Parsons; il fait remarquer l'admission de la vapeur par intermittences à l'aide d'un servo-moteur, qui proportionne le volume de vapeur admis à la charge de la turbine, sans diminuer la pression initiale. Elle ne demande qu'un emplacement réduit et des fondations peu importantes.

Dans les turbines à vapeur, la vapeur surchauffée offre les mêmes avantages que dans les autres machines : on n'a pas à y craindre les condensations.

M. D.-A. Casalonga demande à M. Arrachart si l'on sait à quelle cause se rattache l'avantage particulier que l'on trouve à l'emploi de la vapeur surchauffée.

M. P. Arrachart attribue cette économie, qu'il évalue de 10 à 15 0/0, au manque de condensation et à la réduction de son poids spécifique; il pense qu'il faut l'employer à haute température.

M. D.-A. Casalonga rappelle que c'est l'opinion émise naguère par Hirn; mais il estime que, si c'était là le seul motif de l'avantage de la vapeur surchauffée, cet avantage disparaîtrait avec le nouveau moyen employé aujourd'hui, la compression de la vapeur. Il rappelle qu'il y a

quelque quinze ans, dans un Mémoire déposé aux archives de la Société, il a indiqué pourquoi : c'est que la chaleur transformée dans un gaz permanent est susceptible d'un rendement plus grand que dans la vapeur saturée. La vapeur surchauffée peut être assimilée à un gaz où, la chaleur latente n'agissant plus, le rendement de la chaleur est plus grand et égal à 29,15 0/0. Toutes les fois que l'on transforme une calorie dans un gaz permanent, on obtient théoriquement ce rendement, tandis que le rendement de la vapeur saturée est une variable, comme l'est la chaleur latente. En raison de cette variabilité, le rendement de la machine à vapeur est compris aux hautes pressions d'aujourd'hui, entre 12 et 14 0/0. A égale pression, on a donc : d'une part, la vapeur saturée, rendant 14 0/0, et, d'autre part, un gaz rendant 29,15 0/0. La vapeur surchauffée présente donc un avantage marqué sur la vapeur saturée. Le tout est d'avoir de bons surchauffeurs.

M. L. Laborde dit qu'on ne peut prévoir la consommation des machines à haute surchauffe actuelles après dix ou quinze ans de marche, alors que celles sans haute surchauffe, convenablement entretenues, ne consomment guère que 4 à 5 0/0 de plus qu'à l'état neuf.

Il appelle l'attention sur l'insuccès non prévu des hautes pressions (40, 50 *kg* et plus) appliquées aux turbines à vapeur, et sur l'élévation considérable de leur consommation dès que le vide baisse tant soit peu.

Il demande à M. Arrachart de citer, si possible, un exemple montrant, sur des machines de même construction, mais avec et sans régulateur sur les deux cylindres compound, en combien de temps la vitesse de régime est reprise lors d'une brusque variation de charge.

M. P. Arrachart répond qu'il a vu récemment trois machines, deux avec régulateur agissant sur la détente des deux cylindres Compound, l'autre avec régulateur agissant sur le petit seulement : les deux premières, déchargées de 1 200 à 500 *ch*, reprennent leur vitesse de régime en dix secondes; pour l'autre, il faut plus d'une minute.

M. M. Pelletier demande des explications complémentaires sur l'influence de l'intermittence de l'admission de la vapeur dans les turbines Parsons, à puissance constante.

M. P. Arrachart répond que les organes d'admission étant constamment en mouvement, l'action du régulateur est plus rapide que sur des organes en repos. Il y a, en outre, un certain effet d'économie. Des expériences concluantes ont donné 5,2 *kg* de consommation par cheval indiqué pour des turbines de 5 000 *ch* avec de la vapeur à 12 *kg* et surchauffée à 250 degrés; c'est un chiffre comparable à celui des meilleures machines à vapeur.

M. le Président remercie M. Arrachart de sa communication si méthodique et si claire.

M. Jules Garnier a la parole pour sa communication sur :

1° *Un moteur à gaz récupérant les calories actuellement perdues :*

2° *Un procédé d'obturation des fissures des fontes par le cuivre précipité d'une solution.*

M. J. Garnier expose, dans la première question, la construction d'un

moteur à six temps ne différant en rien de ceux actuels pour les quatre premiers temps, pouvant donc être muni des perfectionnements présents ou futurs de ces moteurs; le cinquième temps est pour une injection dans le cylindre, d'eau surchauffée de l'enveloppe de circulation; au moyen d'un robinet à trois voies; le sixième temps pour son évacuation. L'injection d'eau varie suivant la température; elle est commandée par une sorte de thermomètre dont il présente des dessins. Un régime plus régulier est ainsi créé, les températures excessives sont réduites, et l'on peut obtenir des compressions plus fortes du gaz sans combustion naturelle.

Dans la seconde question, M. Garnier explique comment il a pu boucher des fuites dans un cylindre en fonte en y faisant passer un courant de sulfate de cuivre; ce dernier métal, s'est précipité peu à peu en bouchant complètement la fissure.

M. G. Chauveau dit qu'il est difficile de suivre une communication où abondent les calculs sans l'avoir étudiée.

Cependant, il retient ce fait que M. J. Garnier estime que son moteur permettrait, grâce au gain calorifique réalisé, de recueillir 1 1/2 *ch* au lieu de 1 *ch*, c'est-à-dire que si on considère un moteur à essence ou à pétrole, par exemple, courant, c'est-à-dire où on n'a pas cherché à économiser les calories par des moyens spéciaux, le rendement thermique, qui est de 15 0/0 à 20 0/0 au plus, passerait à 27,5 0/0 ou 30 0/0 au plus. Mais ceci c'est l'avenir possible si les calculs de M. J. Garnier eux-mêmes se réalisent en entier et avec un cycle à 6 temps et des dispositifs qui n'ont pas subi l'épreuve de la pratique. Or, l'injection interne avec cycle à 4 temps ordinaire, réalisée par *Banki*, utilisée pour augmenter seulement la compression, base de toute économie, lui permet de réaliser une compression de 15 *kg* avec l'essence, alors que sans eau l'auto-inflammation se produirait dès 4,500 *kg*, d'où résultent un rendement de plus de 28 0/0 et une consommation de 220 *g* d'essence par cheval-heure effectif.

En incorporant l'eau au liquide, ce qui est le cas de l'alcool industriel, on signale des compressions de 12 *kg* et des rendements de 34 0/0. La compression élevée du moteur Diesel, sans eau, grâce à la compression séparée des fluides, permet d'atteindre 40 0/0.

Ainsi donc, on possède dès à présent des rendements semblables à ceux revendiqués par l'auteur, et en agissant simplement sur la compression.

M. G. Chauveau indique également un autre procédé très simple pour boucher des fuites dans les enveloppes de moteurs à gaz: il suffit de percer des trous de 2 *mm* de diamètre, très voisins l'un de l'autre, sur la fente même, d'y enfoncer du fil de cuivre et de le river.

M. D.-A. Casalonga, s'appuyant sur les explications fournies par M. Chauveau, dit que, contrairement à une opinion souvent exprimée, le rendement direct de la chaleur, dans les moteurs à explosion, ne saurait dépendre ni de la pression, ni de la température, qui ont seulement pour effet d'augmenter, dans un temps donné, la vitesse de rotation et, par suite, la puissance du moteur.

M. le Président, pensant qu'il peut y avoir lieu à une communication intéressante de la part de M. Chauveau, et vu l'heure tardive qui ne permet pas de continuer la discussion, dit que la question pourra être reprise, s'il y a lieu, à une date ultérieure. Il remercie M. J. Garnier de l'intéressant exposé qu'il vient de nous faire.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. A.-B. Duchesne, J.-H.-E. Feray, L.-L. Ligneau de Séréville, A. Macdonald, M.-C.-E. Mestre, E.-J.-T. Rey, J.-M.-C. Herrgott, comme Membres Sociétaires.

MM. H.-L.-L. Ancarani, L.-F. Boudreaux, L. Hamm, L. Hatzfeld, J. Sindreu y Mota sont admis comme Membres Sociétaires.

Et M. L.-H. Bonnard, comme Membre Associé.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
A. de Gennes.

NOTE

SUR

LES CABLES TÉMOINS

SYSTÈME F. ARNODIN

PAR

M. F. ARNODIN

A aucune époque on ne s'est autant préoccupé que de nos jours des recherches expérimentales sur les conditions de résistance des matériaux entrant dans les constructions et particulièrement du métal fer ou acier. La facilité et l'économie que procurent les constructions métalliques les rendent du reste très appropriées aux besoins de la vie intensive de tous les peuples civilisés.

Aussi voit-on se développer les méthodes d'essais et les instruments de toutes sortes pour les mener à bien.

Parmi ces méthodes, ce sont surtout celles qui opèrent sur l'ouvrage lui-même qui tendent à se généraliser.

Ainsi l'épreuve des ponts par exemple — qui, naguère, se faisait d'une façon rudimentaire, en chargeant l'ouvrage pour voir s'il « tenait » — se fait maintenant en cherchant, à l'aide d'appareils spéciaux, à découvrir ce qui se passe, non plus seulement dans l'ensemble de l'ouvrage, mais dans chaque pièce prise individuellement.

Par la découverte des phénomenes constatés, on peut juger de l'exactitude des méthodes de calculs, de la valeur des hypothèses admises, du choix des matériaux à employer et du degré de sécurité que l'ouvrage peut offrir.

C'est là une sorte de « leçons de choses » sans laquelle la science théorique de l'Ingénieur se trouve fréquemment en défaut.

Jusqu'à ces derniers temps, les instruments permettant de faire des constatations sur une construction exécutée ou en cours d'exécution étaient malheureusement peu nombreux.

Les appareils Manet et les enregistreurs Rabut sont ceux les plus généralement employés dans chaque genre. Leur emploi,

qui tend du reste à se généraliser, a permis de faire tant de constatations utiles que cette généralisation est des plus justifiées: ce sont là deux précieux auxiliaires de l'Ingénieur.

Il n'en subsiste pas moins que ces appareils laissent place encore à beaucoup d'inconnus. L'appareil Manet, s'appliquant aux pièces prises individuellement, ne se prête guère qu'à la constatation des efforts instantanés, car, pour une longue durée, il est influencé par la dilatation qui, la plupart du temps, donne des différences plus grandes que l'effort à mesurer. Il ne s'applique pas aux objets susceptibles de changer de forme, comme une barre longue ou un câble dont la direction est notablement éloignée de la verticale. Enfin, ses indications sont basées sur la propriété élastique du métal qui n'est pas, comme le suppose l'appareil, identique dans chaque barre du même métal. Pour le fer ou l'acier, cette différence varie suivant la composition chimique et surtout suivant le degré de température auquel la barre a été laminée et la façon dont le refroidissement s'est opéré. En outre, il faut tenir compte du degré de plus ou moins grande perfection avec lequel l'appareil a été établi.

C'est à ces causes générales qu'il faut attribuer les anomalies constatées dans nombre d'expériences qui ont fait dire aux expérimentateurs que leurs appareils « battaient la breloque » alors que, généralement, c'est l'application qu'on en faisait qui n'était pas judicieuse.

Les enregistreurs Rabut ont également pour but de mesurer la propriété élastique; mais au lieu de s'appliquer à la pièce individuelle comme le fait le Manet, ils considèrent l'élasticité de l'ensemble de la construction sans indiquer spécialement le travail subi par l'une quelconque des pièces de cet ensemble. La plume de l'appareil trace en grandeur vraie, réduite ou amplifiée, la nature des déformations qui sont la conséquence d'une surcharge ou d'un effort accidentel.

Quoique d'un genre différent, ses indications sont donc plus sûres que celles des appareils Manet qui se basent sur l'élasticité incertaine du métal pour la mesurer en quantité micrométrique et la transformer en kilogrammes pour la lecture.

Qui ne voit que ces intermédiaires ou changements des résultats constituent des causes d'erreur bien difficiles à éviter dans la pratique?

Les études que nous avons dû faire, dans la recherche du tra-

vail des pièces qui composent les ponts suspendus, nous ont amené à mesurer le travail des câbles, qui forment les principales pièces de ces ouvrages, par un appareil que nous appelons « câble témoin » dont la simplicité d'installation ou de lecture est à la portée de tous, aussi bien de l'Ingénieur que de l'ouvrier, et dont les indications, débarrassées de tout intermédiaire, sont fournies directement et sûrement.

Le câble témoin est basé sur les principes suivants:

Tout câble ou toute barre métallique tendu non verticalement, décrit une courbe du genre « chaînette » qui est fonction de son poids et de sa tension par unité de section.

D'où il résulte que si deux câbles de grosseur différente sont tendus librement à côté l'un de l'autre, si leur courbure reste dans le même plan, c'est-à-dire s'ils ont même flèche avec même poids par millimètre carré — ce qui se présente lorsqu'ils sont composés de la même matière assemblée de la même façon — *leur tension par millimètre carré sera la même.*

C'est en nous appuyant sur ces principes qu'il nous est venu à l'esprit de mesurer le travail des câbles des ponts suspendus par un appareil dit « câble témoin », composé du même métal que le câble à observer et dont les fils sont assemblés de la même façon.

Ce « témoin » est placé à côté du câble à observer, de façon qu'il soit facile de vérifier « de visu » s'ils décrivent bien librement la même courbe dans l'espace. Les extrémités en sont fixées aux mêmes points d'amarrage, afin qu'un mouvement sur ces points ne puisse apporter aucune perturbation dans l'observation.

A l'extrémité du témoin se trouvent placés un tendeur à vis pour le réglage de la flèche et un dynamomètre faisant connaître la tension.

Dès ce moment, le dynamomètre constitue un « bavard » qui nous révèle tout ce qui se passe chez le voisin, puisque toutes les impressions ressenties par le témoin sont les mêmes que celles du câble observé.

En effet: les points d'attache se rapprochent-ils? la flèche augmentera pour l'un comme pour l'autre et le dynamomètre indiquera une diminution de tension identique pour chacun d'eux par unité de section. La température devient-elle plus chaude? la charge portée par chaque câble vient-elle à diminuer? les mêmes effets se constateront dans le même sens.

Au contraire, la température devient-elle plus fraiche? les points d'attache viennent-ils à s'éloigner l'un de l'autre, ou la charge vient-elle à augmenter? le dynamomètre marquera une tension plus élevée.

Il est à remarquer que les indications fournies par le dynamomètre, le sont directement en kilogrammes, c'est-à-dire dans l'unité même que l'on cherche, et sans avoir à emprunter pour y parvenir, les intermédiaires fréquemment trompeurs du coefficient d'élasticité du métal, et une mensuration micrométrique comme on est obligé de le faire par l'emploi du Manet.

Une chose plus importante encore, c'est que le dynamomètre indique le travail total subi par la pièce au moment même de l'observation tandis que les appareils d'observations usités jusqu'ici ne donnent que le travail de surcharge ou effort accidentel.

Or, il ne doit pas échapper que ce qu'il importe le plus de connaître, c'est le travail *total vrai*, débarrassé de toutes ses atténuations ou aggravations plus ou moins secondaires, car dans le cas d'un pont par exemple, il est moins intéressant de savoir quel est l'effort qu'impose le passage d'un véhicule, que celui qui résulte de l'ensemble des circonstances qui agissent sur les pièces. On a du reste à sa disposition le moyen facile de faire une observation avant ou après le passage de la surcharge pour connaître le travail permanent, et une autre pendant l'application de cette surcharge pour connaître le travail total. En retranchant le premier résultat du second, on obtient exactement l'effort afférent à la surcharge seule.

Suivant les besoins de la question, le câble témoin peut être installé à demeure ou à titre temporaire. Pourtant, cette dernière méthode est la plus recommandable pour éviter la fatigue du dynamomètre sous un effort trop prolongé.

Le réglage du parallélisme des courbures entre le témoin et l'observé doit être fait, avant chaque opération, car la justesse du résultat est dépendante du degré de perfection de ce parallélisme. Il s'opère du reste avec facilité en vissant ou dévissant, suivant le besoin, sur le tendeur terminus.

En général, le déréglage est peu fréquent; il a habituellement lieu pour les causes suivantes: défectuosité des attaches du témoin, changement de position du soleil et changement accidentel de poids du témoin.

On conçoit en effet que si les attaches sont faites par l'inter-

médiaire de nœuds peu serrés, il se produit des glissements sous l'influence des différences de tension, d'où déréglage.

Si, à un certain moment de la journée, le témoin est du côté du soleil, il subit davantage les effets de la dilatation qu'à un autre moment où il sera à l'ombre du câble observé qui, lui, au contraire, sera au soleil.

Enfin, à la suite d'une nuit fraîche, par une matinée de brouillard, l'eau en suspension dans l'atmosphère se condense en gouttelettes autour du câble témoin dans des proportions beaucoup plus grandes que sur la masse du câble observé ; d'où modification des poids spécifiques et, par suite, des tensions. On fait facilement disparaître cet élément perturbateur en fouettant le témoin à plusieurs reprises, comme le charpentier fouette son cordeau humide lorsqu'il veut ligner une pièce de bois.

Jusqu'ici, pour rendre le procédé plus saisissable, nous n'avons envisagé l'emploi du témoin que pour la révélation des efforts subis par un câble. Mais il va de soi que l'investigation peut être étendue à bien d'autres systèmes que celui des câbles, tel par exemple un système de barres réunies bout à bout par articulations et tendues librement entre deux points d'appui non verticaux, comme c'est le cas pour des chaînes à mailles et pour des ponts suspendus sur barres formant chaînons. Mais, dans ce cas, l'opération se complique de l'obligation où l'on est d'établir le poids par unité de section utile, puis, comme l'on sait que la tension est proportionnelle au poids, à rectifier les indications du dynamomètre suivant la proportion trouvée.

L'investigation étant basée sur la flèche que prend une pièce librement tendue entre deux points d'appui, il est essentiel que la pièce à observer soit douée de flexibilité et que la distance entre les points d'appui soit assez grande pour que l'on puisse obtenir une flèche ayant assez d'amplitude pour pouvoir être observée ; si la distance est trop courte ou la pièce trop rigide, l'appréciation perd de sa justesse. Ce serait le cas si l'on voulait mettre un témoin à côté d'un câble à courbe parabolique qui porterait des tiges de suspension rapprochées et qui n'aurait pas — comme dans les nouveaux ponts suspendus — une partie abandonnée CB ne portant pas de tiges.

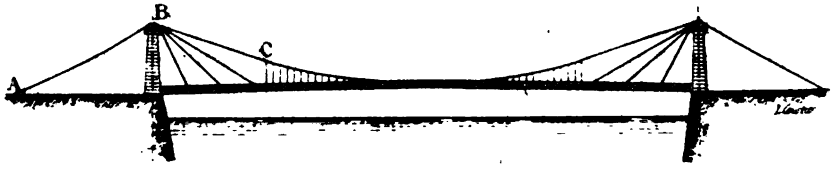
Ainsi qu'on le voit, le bavard ne se borne pas à raconter ce qui se ressent dans sa famille immédiate ; il étend l'indiscrétion jusqu'à babiller également ce qui se passe chez certains de ses voisins qui sont de nature différente. Mais dans ce cas, pour

connaître la vérité, il convient d'accoler à son dire un coefficient à déterminer.

Dans cette hypothèse, il faut se rappeler que, dans un système articulé, il suffit, la plupart du temps, de connaître l'effort subi par une des pièces pour en déduire le travail des autres qui lui font suite.

C'est ainsi que dans le cas du pont ci-contre (*fig. 1*), on peut

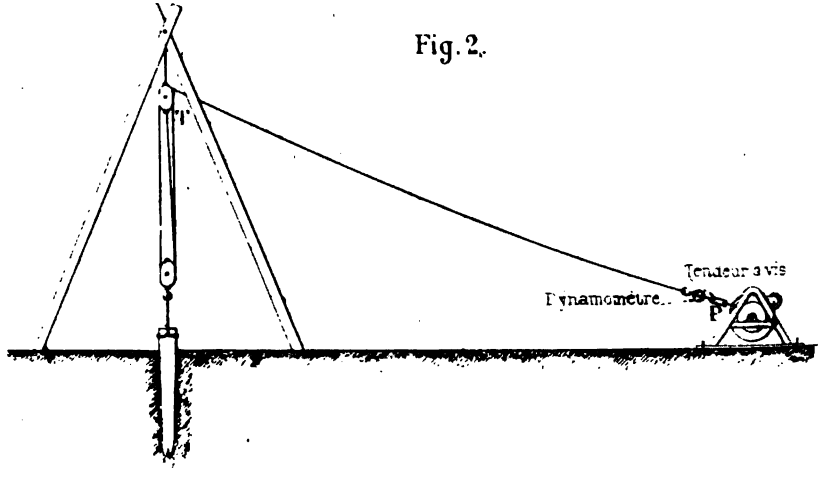
Fig 1



se contenter de l'investigation qui aura lieu sur le câble de retenue AB pour en déduire celle cherchée sur BC.

Un autre exemple est celui d'un palan exerçant un effort de traction sur un objet qui ne peut être pesé, comme cela a lieu pour l'arrachage des pilotis. On peut, pour connaître cet effort,

Fig. 2.



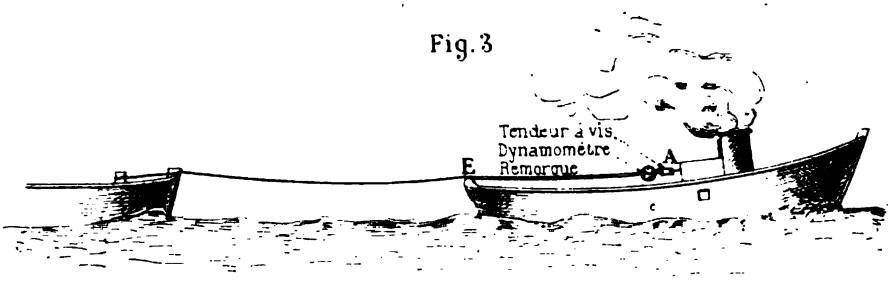
se borner à relier le témoin contigu au garant TP, qui va du palan au treuil de virage suivant une direction oblique (*fig. 2*).

Encore convient-il de noter qu'il n'est pas indispensable que le parallélisme du témoin soit réalisé sur toute la longueur de la courbe de l'observé. Un tronçon de cette courbe suffit, pourvu qu'il ait une flèche assez grande pour pouvoir être observé. C'est

le cas, par exemple, d'un câble remorque qui est amarré sur le remorqueur en A et dont le témoin, amarré au même point, est fixé sur la remorque vers l'extrémité du remorqueur en E, l'un et l'autre étant librement tendus entre A et E.

Lorsque le parallélisme de la courbe chaînette sera réglé à l'aide d'un tendeur à vis, le dynamomètre, placé en A pour une

Fig. 3



lecture facile, donnera l'intensité de l'effort par unité de section sur la remorque (*fig. 3*).

Ces exemples, pris intentionnellement dans des genres différents, montrent que le « câble témoin » est susceptible d'applications multiples et variées. C'est à l'Ingénieur qui désire s'éclairer à déterminer le cas où les indications qu'il en peut tirer sont susceptibles d'être claires et précises, car, dans ces questions de vérification des efforts, on ne saurait trop recommander de rejeter absolument tout procédé qui fournit des indications douteuses, puisque les conclusions à en tirer peuvent conduire à de très regrettables erreurs dans les constructions de l'avenir.

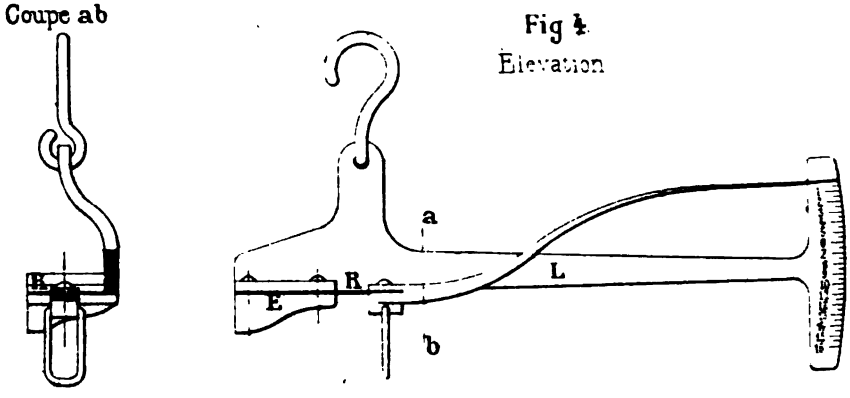
Enfin — ce qui ne gâte rien — c'est que l'installation d'un témoin peut se faire économiquement et peut être en quelque sorte improvisée sur le chantier de construction, car ce qui, dans les explications qui précèdent, est nommé pompeusement « dynamomètre » peut n'être qu'un simple peson à ressort comme on en employait jadis pour les pesages.

A défaut de dynamomètre ou de peson, il est facile de se fabriquer soi-même une petite romaine rudimentaire, mais suffisamment juste pour les résultats cherchés.

C'est ainsi qu'en vue des expériences du pont de Bonny-Beaulieu, où il a été fait emploi de câbles témoins, M. l'Ingénieur en Chef Renardier a improvisé différents modèles de romaine

basés sur le principe du ressort fléchi et dont la construction est simple et économique (*fig. 4*).

La figure ci-dessus donne la vue de la plus simple que nous connaissions. Elle consiste simplement en une lame de ressort R de la force et du genre des buscs de corsets, que l'on emprisonne d'un bout en E dans une mâchoire et dont l'autre bout porte un index auquel est attaché un anneau pour y amarrer le tendeur. A la mâchoire est attenante une lame fixe L formant



une sorte de T à son extrémité, de façon à coller sur cette extrémité une feuille de papier sur laquelle on numérote la graduation en kilogrammes ou en hectogrammes, suivant le cas fourni par l'emplacement de l'index sous un poids. Le poids étant enlevé, l'index doit revenir au zéro par la seule élasticité du ressort.

C'est, en somme, une graduation directe par les poids eux-mêmes. La vérification du degré de justesse de l'appareil, tant rudimentaire qu'il soit, est donc facile, puisque l'opération faite, il suffit de charger avec le poids indiqué pour voir si le résultat est le même.

Dans tous les cas, qu'il s'agisse de dynamomètre, de peson ou de romaine, il faut éviter les instruments à grande amplitude, car la différence de tension sur le témoin correspond à un allongement ou un raccourcissement de l'instrument, qu'il faut compenser en vissant ou dévissant sur le tendeur pour maintenir le parallélisme des chaînettes. La diminution d'amplitude de ce réglage facilite l'opération.

Il résulte de ce qui précède que, grâce aux nouvelles métho-

des d'investigation que l'Ingénieur a maintenant à sa disposition, par le Manet, par le Rabut, par le niveau Bosramier et par le câble témoin, il peut être assimilé à un chef de corps d'éclaireurs qui, pour juger de la situation, fait travailler et consulte les différents éléments qu'il a entre les mains. Il demande à chacun son impression propre, il groupe, il compare ces différentes impressions, rectifie celles qui sont exagérées, enfin il en tire une résultante qui est le degré de confiance que l'on peut attribuer à l'ouvrage. Lorsque la construction fonctionne, il lui tâte le pouls, il l'ausculte, pour ainsi dire, à l'aide des appareils enregistreurs de M. Rabut, pour juger si les conditions primitives se maintiennent, ou, si la maladie naît, dans quelles proportions elle se développe.

Il s'ensuit que dans ses conceptions, l'Ingénieur vraiment soucieux de l'avenir des constructions qu'il édifie, doit donner les rôles les plus actifs et les plus importants aux agents qui expriment le plus nettement les efforts qu'ils reçoivent, à ceux qui sont les plus sûrs et ne trompent jamais la confiance que l'on met en eux. Les rôles secondaires doivent être attribués à ceux qui manquent de caractère, de constance sous les efforts, ou qui balbutient d'une façon inintelligible les renseignements qu'on leur demande : ce sont là des comparses qu'il faut éloigner des premiers rôles. Ce sont des préoccupations du même ordre qui ont conduit Contamine à concevoir des fermes articulées pour la galerie des machines, M. Résal à mettre des articulations au pont Alexandre III et M. Maurice Lévy à conseiller l'abandon de pièces surabondantes.

C'est ainsi que dans son magnifique pont de Luxembourg, M. l'Ingénieur en Chef Séjourné s'est heureusement écarté des chemins battus en portant son cintre retroussé sur des câbles métalliques dont il a pu mesurer le travail à tout instant de la construction de la voûte, en lisant le dynamomètre du câble témoin.

La conséquence de ces progrès, c'est que l'on pourra pour l'avenir aborder avec le maximum d'économie la construction d'ouvrages beaucoup plus hardis que ceux que l'on a osé réaliser jusqu'à ce jour.

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES.

Sur Palans parfaitement montés et poulies graissées.

CHARGE TOTALE	CHARGE THÉORIQUE PAR BRIN	LECTURE au DYNAMOMÈTRE du câble témoin		TENSION du GARANT		TRAVAIL par MILLIM. CARRÉ dans le garant		AUGMENTATION DE TENSION sur le garant due au frottement		COEFFICIENT DE FROTTEMENT TOTAL	TRAVAIL PAR MILLIMÈTRE CARRÉ DU CABLE TÉMOIN
		sous la montée	sous la descente	sous la montée	sous la descente	sous la montée	sous la descente	totale	pour cent		
kg	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*			*kg*
13700	1370,0	25,5	14,25	1792	1001	19,01	10,06	395	28,83	1,308	14,24
9400	940,0	19,0	10,00	1335	703	13,42	7,06	316	33,61	1,42	10,61
4633	463,3	9,5	4,50	668	316	6,71	3,17	176	37,90	1,44	5,30

Tous les résultats ci-dessus sont obtenus par la formule :

$$T = t\frac{P}{p},$$

dans laquelle P est le poids au mètre du garant, p le poids au mètre du câble témoin, t la lecture du dynamomètre et T la tension totale dans le garant.

Le travail du fil d'acier est dans le garant $\frac{T}{\sigma}$, σ étant la section totale des fils d'acier qui entrent dans le garant.

Dans le cas qui nous intéresse :

$$P = 970\ g; \quad p = 13{,}8\ g; \quad \sigma = 99{,}4633\ mm^2.$$

MOTEUR A GAZ

ET

A RÉCUPÉRATION DES CALORIES ACTUELLEMENT PERDUES

PAR

M. Jules GARNIER.

On sait que le moteur à gaz à quatre temps développe, pendant l'explosion motrice, une quantité de calories dont la puissance est loin d'être entièrement utilisée sur le piston, car il faut éliminer les calories en excès échauffant le cylindre outre mesure, brûlant les huiles de graissage, etc. Les efforts des constructeurs se sont jusqu'ici dirigés vers le perfectionnement des combinaisons qui permettent d'absorber dans les meilleures conditions cet excès de chaleur.

J'ai été frappé, comme bien d'autres, de cet état de choses, mais avant de chercher à y remédier, j'ai voulu calculer plus ou moins approximativement :

1° Combien de calories étaient actuellement perdues par cheval-heure ;

2° Quelle proportion de travail supplémentaire était idéalement possible avec ces calories perdues.

Voici la marche que j'ai suivie :

A. — Dans la circulation d'eau actuelle refroidissante dans la double enveloppe du cylindre moteur, on compte qu'il faut 25 *kg* d'eau, entrant à 15° et sortant à 75°, par cheval-heure (1), soit une dépense de calories de :

$$25 \times 60 = 1\,500 \text{ calories.}$$

Ces calories, actuellement perdues, *sont récupérables*.

(1) Ces chiffres sont indiqués dans les publications de la Compagnie Parisienne du Gaz, au sujet de ses moteurs fixes.

B. — On admet que les gaz d'échappement ont une température de 300°. Leur poids correspond à la combustion de 350 *gr* d'essence brûlée par cheval-heure, et nous allons le calculer. La formule approximative de l'essence étant CH^2, on peut poser la formule ci-dessous :

$$CH^2 + 3o = CO^2 + H^2O.$$

Nous en déduisons les poids suivants : CH^2 pèse 14 *gr* ; 3*o* pèse 48 *gr* et, par suite, CO^2 pèse 44 *gr* et H^2O pèse 18 *gr*. Nous devons ajouter aux 48 *gr* d'oxygène absorbés pour la combustion, les 192 *gr* d'azote correspondants, ce qui porte le poids total des gaz brûlés pour 14 *gr* d'essence à 254 *gr* ; ce chiffre doit être multiplié par 25, puisque nous brûlons 350 *gr* d'essence par cheval-heure. Nous pouvons d'ailleurs établir maintenant le tableau suivant :

NATURE DES GAZ DE LA COMBUSTION	POIDS DES GAZ BRULÉS correspondant à 14 *gr* d'essence	POIDS TOTAL DES GAZ BRULÉS correspondant à 350 *gr* d'essence par cheval-heure
Vapeur d'eau. . . . . *gr*	18	450
Acide carbonique.	44	1 100
Azote	192	4 800
TOTAL. . . . *gr*	254	6 350

On peut, sans trop d'écart, supposer que ces gaz ont une chaleur spécifique moyenne de 0,25 ; et qu'ils ont, à leur sortie, une température de 300°, ils emportent donc :

$$300 \times 6{,}35\ kg \times 0{,}25 = 475 \text{ calories},$$

dont une partie récupérable.

Il y a d'autres éléments de perte dont le détail nous échappe, mais que nous estimerons par différence, connaissant les calories produites par la combustion de 350 *gr* d'essence, que nécessite le cheval-heure ; en sachant que 1 *kg* d'essence produit par sa combustion 11 000 calories, 350 *gr* d'essence produiront 3850 calories.

Si nous tenons compte, à présent, que 1 cheval-heure ne doit théoriquement absorber que 635 calories, les précédents calculs

nous permettent d'écrire le tableau ci-dessous, qui résume le rôle joué par les 3 850 calories réellement consommées par le cheval-heure :

Le cheval-heure absorbe	635	calories
La circulation d'eau absorbe.	1 500	—
Le gaz d'échappement absorbe	475	—
Par différence : rayonnement, frottement absorbent	1 240	—
TOTAL.	3 850	calories

Il est évident qu'avec un dispositif à chercher on pourrait économiser et utiliser une partie des 1 500 calories que coûte la circulation d'eau ; plus une partie des 475 calories emportées par les gaz d'échappement ; enfin, une partie des 1 240 calories que le rayonnement élimine, et ce fut là l'objet de nos recherches.

Comme les constructeurs sont d'accord pour admettre que les meilleurs rendements de leurs machines à gaz n'atteignent pas 30 0/0 des calories dépensées (ce rendement correspond à une consommation de 200 *gr* d'essence à l'heure et par cheval), il y a, en effet, une grande marge pour les recherches. En effet, 200 *gr* d'essence fournissent 2 200 calories, soit plus du triple de la consommation théorique de 635 *gr*.

Tout d'abord il fallait modifier et, pour ainsi dire, renverser la circulation d'eau froide actuelle ; l'eau, au sortir de l'enveloppe extérieure, c'est-à-dire chaude, se rendrait, non plus au dehors, mais dans l'intérieur même du cylindre, et l'excès de chaleur de ce dernier serait employé à surchauffer encore cette eau, à la vaporiser sous une pression qui lui permette d'agir efficacement sur le piston ; ce moteur nouveau deviendrait donc à la fois à gaz et à vapeur, celle-ci n'étant plus fournie, comme d'habitude, par un combustible et une chaudière, mais bien par des chaleurs perdues, c'est-à-dire gratuites.

Mais l'introduction dans le cylindre moteur de l'eau de circulation présente tout d'abord des difficultés qui semblent insurmontables ; en effet, l'emploi de pompes ou de tout autre dispositif actionné par le moteur lui-même, ne saurait convenir, car la proportion d'eau ainsi envoyée dans le cylindre serait forcément la même à chaque injection périodique si elle n'était pas autrement fonction des températures et des *besoins* d'eau en plus ou moins grande quantité ; il est évident, en effet, que plus l'in-

térieur du cylindre s'échauffe, plus l'injection d'eau doit être élevée et inversement.

Sans nous étendre plus longtemps sur ce point évident, j'ai cherché un dispositif nouveau, permettant avec certitude de faire pénétrer dans le cylindre, au moment voulu, la quantité d'eau exactement nécessaire pour enlever l'excès de chaleur sans qu'il y ait jamais à craindre soit un surchauffage amenant la combustion des huiles ou des grippements, soit un refroidissement par excès d'eau et c'est sur ces bases que j'ai créé le dispositif que nous allons décrire, lequel permet encore de n'injecter que de l'eau déjà portée à une température assez élevée pour produire dès son entrée dans le cylindre très chaud, de la vapeur sous forte pression, d'où refroidissement relatif du piston et de l'intérieur du cylindre, lequel refroidissement est encore accentué par la détente de la vapeur pendant la course du piston. Le temps qui suit évacue ce qui reste de vapeur ainsi que nous allons l'expliquer.

Mais une autre difficulté se présentait, à savoir, que nous ne pouvions injecter l'eau dans le cylindre au cours d'un des quatre temps habituels qui ont chacun leur rôle bien net et à peu près exclusif; nous tournâmes la difficulté en créant deux nouveaux temps, qui succèdent immédiatement à celui actuel d'évacuation des gaz; ces deux nouveaux temps s'établissent de la même manière, au point de vue mécanique, que les quatre ordinaires et chacun d'eux correspond à un demi-tour de manivelle.

Nous avons admis que les gaz s'échappent actuellement à 300° et emportent, par suite, 475 calories par cheval-heure, sans qu'on ait pu utiliser à quoi que ce soit cette chaleur, puisque dans les moteurs actuels on a besoin de froid et non de chaleur. Rien n'est plus facile, avec notre dispositif, que d'utiliser une grande partie de ces calories à échauffer préalablement l'eau d'injection avant qu'elle pénètre dans l'enveloppe et, pour le cas de machines fixes surtout, on pourra établir de véritables condenseurs par surface qui permettront une récupération très complète d'eau très chaude.

Si nous admettons que ces gaz ne s'échappent plus qu'à 250° au lieu de 300°, (et c'est là assurément bien au-dessous de la réalité si l'on emploie des dispositifs perfectionnés de condensation), d'après la formule ci-dessous :

$$6k350 \times 50 \times 0\,25 = 66 \text{ calories},$$

nous récupérerons des 6 *k* 350 de gaz évacués, 66 calories par cheval-heure : la perte actuelle sera donc réduite à 409 calories.

Le rayonnement emporte un nombre de calories difficile à évaluer ; toutefois, en recouvrant de feutre ou autre isolant les parois extérieures des cylindres, on permettra à un plus grand nombre de calories de passer dans l'eau d'injection et sur le bloc de 1 240 calories perdues pour frottement, rayonnement, etc., nous pouvons facilement admettre que 50 calories seront récupérées par cheval-heure : la perte sèche ne serait plus que de 1 190 calories.

En récapitulant, d'après les données ci-dessus, les pertes en calories par cheval-heure dans mon dispositif, et les comparant aux pertes actuelles des machines à quatre temps, nous aurons le tableau ci-dessous, dans lequel la colonne A donne le nombre de calories que notre appareil exigera par cheval-heure, et la colonne B le nombre de calories que l'on consomme avec les moteurs à quatre temps actuels ; la différence de ces deux nombres, qui est de 1616 calories, soit environ la moitié de la consommation habituelle, représente l'économie en calories que nous prévoyons et que nous pouvons utiliser à produire de la vapeur d'eau sous pression qui agira sur le piston alternativement avec les gaz de l'explosion, tout en maintenant l'intérieur du cylindre à une température à peu près constante et bien inférieure à celle des gaz d'explosion :

Tableau comparatif.

	A — calories	B — calories
Perte par la circulation d'eau	0	1 500
— les gaz d'échappement	409	475
— rayonnement, frottement, etc. . . .	1 190	1 240
— cheval théorique	635	635
Total des calories dépensées par cheval-heure.	2 234	3 850

Utilisation des 1 616 calories laissées libres par les principes que nous venons d'exposer.

Il s'agit d'évaluer, aussi approximativement que possible, le travail supplémentaire que l'on peut obtenir avec les 1 616 calories épargnées. Théoriquement, nous aurions comme bénéfice un nombre de chevaux de 1 616, divisé par 635, soit près de 3 *ch*, ceci dit pour mémoire. Nous observerons encore que, n'ayant pas dans mon dispositif l'intermédiaire de la chaudière entre la chaleur et l'eau à évaporer, je supprime la plus importante source de déperdition des calories, que présentent les moteurs à vapeur.

Les 1 616 calories à utiliser servent donc, en résumé, à échauffer l'eau d'injection et à la vaporiser sous pression, la vapeur produite, après travail, recédant une partie de ses calories par condensation au contact avec l'eau froide injectée, qu'elle échauffe : tel est le nouveau cycle. Nous pensons maintenir à 200° la température intérieure du cylindre et injecter l'eau au-dessus de 100° ; enfin, dans ces conditions, nous admettons que la vapeur après travail sorte du cylindre à 100° et que les deux tiers de cette vapeur se condensent, échauffant l'eau froide d'arrivée, et restent enfin à 50° avec le restant de vapeur. La chaleur cédée par cette détente et cette condensation partielle, comprend, comme on sait, les 537 calories absorbées auparavant par le changement d'état de l'eau en vapeur ; la récupération de calories sera donc notable.

Quant au poids d'eau nécessaire pour un cheval-heure dans notre dispositif, il suffit de le connaître approximativement, puisque notre distributeur thermométrique a précisément pour fonction de commander l'injection d'eau du « cycle » et son poids, c'est-à-dire de ne laisser injecter chaque fois que la quantité d'eau exactement nécessaire pour maintenir le moteur dans les conditions voulues pour la marche la plus convenable à tous les points de vue. Un moyen simple pour estimer cette quantité d'eau consisterait à poser l'équation :

$$660\,x - 2/3\,550 = 2234 \text{ calories.}$$

Dans cette équation :

1° x est le poids de l'eau cherché ;

2° 660 le nombre de calories nécessaires pour élever à 120° environ et vaporiser le poids d'eau x ;

3° 2/3 550 x est le nombre de calories emportées par la vapeur qui ne se condense pas, mais ramenée à 100° environ.

Le poids de x tiré de la formule ci-dessus est de 7 *kg* d'eau à injecter par force de cheval-heure.

Nous admettons dans ce calcul qu'un tiers seulement du poids x de l'eau injectée et vaporisée en refroidissant le cylindre se condensera, et c'est assurément un minimum pour des machines fixes munies de condenseurs, et aussi avec un doublage de cuivre au cylindre et au piston.

Le poids d'eau de chaque injection par cheval-heure dans un moteur faisant 300 tours à la minute et lançant au total 7 000 *g* à l'heure, s'obtiendra en observant encore qu'il se produit une injection seulement à chaque trois tours, soit 6 000 injections à l'heure, et chaque injection lancera par cheval-heure :

$$\frac{7\,000\ g}{6\,000} = 1{,}17\ g$$

Nous ne pouvons encore qu'estimer le rendement absolu des 1 616 calories que nous économisons, c'est-à-dire le bénéfice net de l'appareil, mais il paraîtra raisonnable, en réfléchissant bien sur les conditions où tout se passe, que le rendement sera important ; nous admettons toutefois comme minimum un rendement de 20 0/0 des 1 616 calories, soit 320 calories intégralement transformées en travail ; or 320 calories représentent près d'un demi-cheval, soit 50 0/0 du travail des gaz explosifs, c'est-à-dire que l'explosion du gaz produisant un cheval effectif, ses calories inutilisées produiraient gratis près d'un demi-cheval en plus.

Nous observerons encore que, s'il en est ainsi, notre moteur ayant six temps au lieu de quatre, le travail produit sera le même par tour du moteur, ce qui montre que cet appareil, à coût égal, aura la même puissance que le moteur à quatre temps, bien que l'économie de marche soit de 50 0/0.

Description du moteur nouveau réalisant les conditions ci-dessus exposées.

Ce dispositif nouveau sera facilement compris par la description qui suit en se référant au dessin spécimen qui l'accompagne, dans lequel : la figure 1 est une coupe verticale ; la figure 2 est une coupe horizontale ; les figures 3 et 4, des coupes du robinet à trois voies pour l'injection de l'eau dans l'intérieur du cylindre. Dans ces diverses figures, les mêmes lettres de référence désignent les mêmes parties.

L'eau à injecter dans le cylindre moteur *a*, qui circule dans la double enveloppe *c*, est d'abord échauffée au contact des tuyaux d'échappement ou de l'appareil de condensation des vapeurs d'eau évacuées après travail et aussi des parois du cylindre et de la chambre d'explosion *b*.

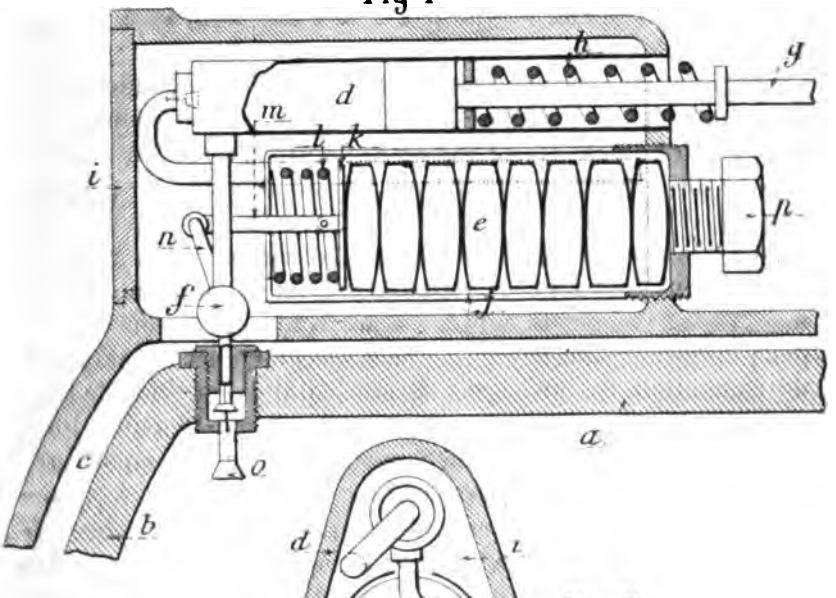
L'injection dans l'intérieur du cylindre est produite au début du cinquième temps par la pompe *d* que commande une came, et la quantité d'eau injectée est réglée au moyen des boîtes thermométriques *e* et du robinet à trois voies *f* : l'injection est rapidement opérée, le piston de la pompe *d* étant violemment poussé en avant par une tige *g*, que commande un ressort déclanché en temps voulu et agissant aussi instantanément que possible, puis, l'injection opérée, le piston est ramené à sa position précédente par un ressort *ad hoc h*, pendant que la pompe se remplit à nouveau d'eau puisée dans le fond de la boîte *i* où elle se trouve le plus chaude.

Des boîtes métalliques *e*, hermétiquement fermées et partiellement remplies d'éther, sont empilées verticalement dans un cylindre ajouré *j*, le sommet de la pile se terminant par un plateau *k* qu'un ressort *l* applique constamment sur la boîte supérieure, ce ressort lui-même étant relié par une bielle *m* au levier de commande du robinet *f*, de sorte que ce robinet est manœuvré exclusivement par la dilatation de l'ensemble des boîtes *e* dans le sens de l'axe de leur pile.

La figure 3 indique la position du robinet quand les boîtes se sont dilatées au maximum et que l'eau de l'injection pénètre au cinquième temps avec la plus grande abondance, dans le cylindre très échauffé.

La figure 4 indique la position initiale du robinet, c'est-à-dire

Fig 1



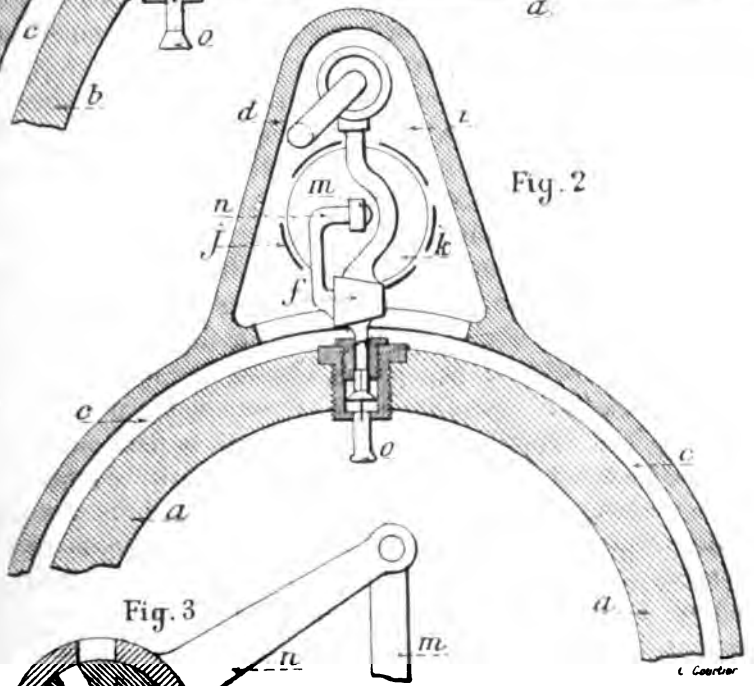


Fig. 2

Fig. 3

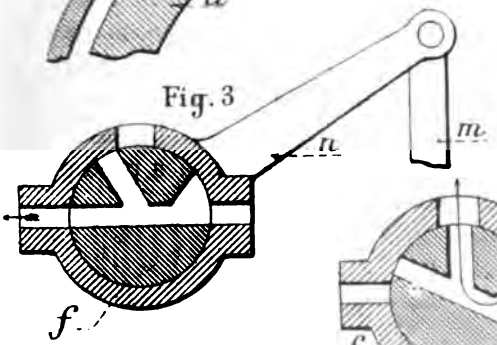
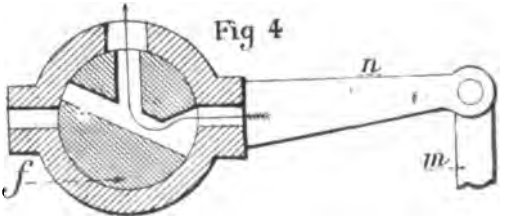


Fig 4



avant que les boites se soient dilatées; à ce moment, l'eau d'injection, étant encore inutile à l'intérieur, retourne à sa source au cinquième temps.

Les positions intermédiaires du robinet correspondent à des températures de l'ensemble elles-mêmes intermédiaires, et les boites thermométriques *e* partageront l'eau d'injection entre l'intérieur du cylindre et la double enveloppe dans la proportion voulue; il se créera en marche régulière du moteur, un régime régulier dans lequel la variation des diverses pièces de répartition d'eau seront sans doute très faibles, sauf au moment de la mise en marche, où l'eau et le cylindre étant froids, l'injection sera nulle dans l'intérieur du cylindre; mais aussitôt que la température de l'eau atteindra 70°, c'est-à-dire le point d'ébullition de l'éther, les boites thermométriques se dilateront, l'injection aura lieu par la soupape *o*. Nous avons un moyen d'établir la température de l'eau d'injection la plus favorable à la marche. On voit, sur la figure 1, que la colonne des boites thermométriques repose sur un bouchon à vis *p*; dans la position indiquée dans la figure l'injection se produira à la température maxima, car la dilatation de l'ensemble des boites sera le plus retardée; si, au contraire, le bouchon à vis est relevé, l'ensemble des boites s'élève en même temps et une température moindre suffit pour que le robinet s'ouvre plus en grand. Il y aura donc, le moteur étant en marche, un tâtonnement assez rapide à faire pour fixer la meilleure position de la colonne des boites, c'est-à-dire le point où l'eau s'injectera à la température la plus convenable pour que notre cycle spécial s'approche le plus possible de la perfection.

Nous remarquerons, enfin, que mon dispositif comporte réellement deux moteurs, l'un à quatre temps, identique aux moteurs actuels, susceptible d'être muni *de tous les perfectionnements présents et futurs* de ce système de moteurs; en second lieu, d'un moteur à deux temps, à vapeur produite par les calories actuellement perdues et à condensation : l'ensemble forme donc un véritable cycle pouvant utiliser toutes les calories produites par l'explosion des gaz du moteur à quatre temps.

PROCÉDÉ POUR OBTURER

LES FISSURES D'UN CYLINDRE DE FONTE

PAR

M. Jules GARNIER

J'ai pensé qu'il était intéressant de fournir ici quelques renseignements sur le procédé que j'ai mis en pratique pour réparer des fissures importantes qui s'étaient produites dans l'enveloppe extérieure des cylindres de mon automobile à la suite des gelées du mois de novembre dernier et qui les rendait inutilisables. Cet accident est assez fréquent en hiver, la plupart du temps irréparable et l'on doit changer les cylindres, ce qui est naturellement long et coûteux. Je cherchai si je pourrais trouver quelque procédé qui me gagnerait du temps. Si la fente eût été suffisamment large pour permettre à un mastic de pénétrer, il m'eût été peut-être possible de faire une réparation suffisante pour continuer ma route ; j'ai, en effet, autrefois soudé solidement des fontes avec un mélange de soufre, de limaille de fer et de sel ammoniac, mais, dans le cas actuel, un liquide seul pouvait pénétrer dans ces fissures minces. C'est ce qui me donna l'idée d'employer une solution liquide et d'utiliser la propriété que possèdent les sels de cuivre de laisser précipiter leur cuivre métallique au contact du fer métallique. Je démontai aussitôt mes cylindres, dont l'enveloppe extérieure possède deux ouvertures, pour la circulation de l'eau ; je les plaçai verticalement sur un bassin de zinc ; je bouchai par un bouchon de liège l'ouverture inférieure, puis par l'ouverture supérieure, je remplis l'enveloppe d'une solution un peu concentrée de sulfate de cuivre ; cette solution commença à sortir avec abondance par les diverses fissures et à se réunir dans la bassine au-dessous où je pouvais la reprendre et la reverser dans l'enveloppe ; mais assez rapidement, l'écoulement du sulfate se réduisit et fut bientôt ramené à l'état de simple suintement et il suffisait, toutes les heures, de remettre de la solution. Au bout de la journée, au moyen de ma pompe pneumatique, disposée pour comprimer l'air dans l'en-

veloppe, je produisis une forte pression sur le liquide, ce qui augmenta un peu les suintements, mais comme le liquide qui suintait était à peu près incolore au lieu d'être bleuâtre, je voyais que l'opération était près d'être terminée ; en effet, le lendemain, plus rien n'égouttait à l'extérieur : je remontai mes cylindres et pus repartir.

On pouvait avoir des doutes sur le succès de ce procédé ; car si l'atome de cuivre pèse 63,5 et celui du fer 56, par contre la densité du cuivre est 8,8 et celle du fer 7,7, c'est-à-dire en sens inverse, de sorte que le volume du cuivre précipité aurait dû correspondre à un volume à peu près égal de fer ; il y a, toutefois, un avantage marqué pour le cuivre, d'autant plus que celui-ci étant précipité est légèrement spongieux, pendant que le fer de la fonte est bien plus compact ; quoi qu'il en soit, le bouchage était parfait, les plus minces fissures pénétrées par la solution admirablement étanches et je suis convaincu que mon enveloppe pourrait supporter actuellement des pressions considérables d'eau ou de vapeur sans le moindre inconvénient. Ce procédé, que l'urgence de ma situation désagréable, avec un automobile hors d'usage, m'a fait découvrir, pourra assurément s'appliquer industriellement dans un grand nombre de circonstances, en mer par exemple ; il sera en tout cas plus rapide et plus économique que la réforme de la pièce et son remplacement par une neuve.

L'EXPLOITATION DES CARRIÈRES

AUX ÉTATS-UNIS [1]

PAR

M. A. DE GENNES

Nous avons vu dans une précédente communication (2) les progrès remarquables faits aux États-Unis dans l'exploitation des mines. Nous allons trouver dans les carrières, bien que le sujet soit moins important, les mêmes caractéristiques : l'emploi de la mécanique, partout où elle a pu remplacer l'homme, et l'intensité de production poussée le plus loin possible, non seulement comme chiffre d'extraction, mais surtout comme diminution du temps nécessaire à l'obtention d'un but donné.

Nous allons décrire d'abord sommairement les machines employées dans les carrières, puis nous verrons quelques exemples de leur application.

Ces machines sont de deux genres : d'abord celles qui travaillent la pierre de différentes façons et que nous appellerons carreyeuses (en leur adaptant un vieux mot français), puis les appareils de levage qui extraient les blocs de la carrière, et enfin les pompes accessoires.

Avant de passer en revue les carreyeuses, nous devons dire un mot du principe fondamental de leur emploi. On a remarqué en Amérique combien les explosifs étaient nuisibles dans les carrières ; un coup de mine en sautant peut amorcer une fissure qui va, à 50 ou 100 *m* plus loin, couper en biais le plus beau lit de la pierre, la faire tomber au moment où l'on s'y attend le moins en occasionnant un accident, et, en tous cas, en causant un déchet considérable. On a donc cherché à s'en servir le moins possible, et souvent même à les éviter complètement. C'est d'après cette idée qu'ont été construites les carreyeuses.

(1) Voir *Pl. 50.*

(2) *Abatage mécanique de la houille aux États-Unis.* (Bulletin de Septembre 1900, page 338).

La première et la plus importante est la *Trancheuse*. Cette machine se compose d'un cylindre à vapeur dans lequel se meut un piston, à la tige duquel est fixé un outil particulier, composé de plusieurs lames plates assemblées les unes à côté des autres, de manière que leurs tranchants successifs forment des Z juxtaposés. Cet outil multiple frappe sur la roche et la désagrège ; après le choc, le tout, porté sur une plate-forme montée sur des rails, avance d'un mouvement automatique.

Le modèle le plus simple de ces machines est celui qui fait une coupe verticale *(Pl. 50, fig. 1)*. Il sert, soit à faire les parois de la carrière, soit à opérer des coupes dans l'intérieur de celle-ci. La coupe se fait par un mouvement alternatif sur 6 *m* ou 7,60 *m* de long. La machine revient automatiquement sur elle-même, et ce mouvement égalise l'usure des aciers. Chacune de ces coupes enlève environ 19 *mm*.

Lorsqu'elle a atteint une certaine profondeur, on change les aciers pour en mettre de plus longs, et l'on atteint ainsi avec cinq jeux d'aciers une profondeur de 2 *m*. Dans des conditions particulières on arrive à faire des coupes de 3,65 *m*, et même 6 *m*. en allongeant proportionnellement les aciers.

Cette machine coupe la pierre moyennement dure, le calcaire, le grès, et le marbre, jusqu'à la dureté du granite exclusivement, et elle est menée par deux hommes. Dans un grès à petits éléments, elle marche à raison de 7,90 *m* de longueur par minute. Le travail moyen qu'elle fait dans une journée de 10 heures est, dans du marbre, de 5,60 m^2, dans du grès dur de 18,60 m^2, et dans du grès tendre de 28,00 m^2. La machine porte dans certains cas sa chaudière, mais la plupart du temps la chaudière en est séparée.

Dans bien des cas on a intérêt à faire une coupe sous un certain angle, soit dans le plan des aciers, soit normalement à ce plan. La *Trancheuse à angle variable* a été construite pour cet usage. Le chariot porte, soit un fort plateau de fonte, soit une barre, suivant les modèles, sur lesquels s'appuie la machine proprement dite, et l'on obtient l'angle voulu en modifiant la position du plateau ou des jambes de force.

La *Trancheuse à plateau (Pl. 50, fig. 7)* fait à chaque coupe, dans du marbre dur, 3 *mm* ou 4,7 *mm*, dans du grès 19 *mm*. Elle avance à raison de 4,90 *m* à 7,90 *m* par minute, et opère une coupe de 2 *m* pouvant être portée à 3,65 *m*. La coupe moyenne

dans une journée de 10 heures est la même que celle de la trancheuse verticale.

La *Trancheuse* à angle variable, *à barre (Pl. 50, fig. 2)*, est plus légère et réservée au travail du marbre. Son avancement est de 3,65 *m* à 6,10 *m* par minute, avec cinq jeux d'aciers, et une coupe moyenne estde 4,70 m^2 dans une journée de 10 heures dans du marbre dur, pouvant monter au double dans du marbre tendre.

On remarquera en passant que ces machines permettent, si les lits du marbre sont inclinés, de couper la pierre normalement à ces lits en se rapprochant ainsi du parallélipipède. On peut aussi, au moyen de ces machines, découper dans le sommet d'une carrière, par voussoirs successifs, une voûte aussi régulière que l'intrados le mieux appareillé *(Pl. 50, fig. 8)*.

Pour l'exploitation des ardoisières, ou exceptionnellement du marbre tendre en couches inclinées, on a créé une machine spéciale, plus légère, et faisant une coupe dans un plan vertical dans le sens même du chemin de roulement, le chemin de roulement lui-même étant incliné, depuis l'horizontale jusqu'à 30 degrés *(Pl. 50, fig. 6)*. Cette machine est tenue à la voie et n'a pas besoin de contrepoids. Elle fait une coupe de 3 *mm* à chaque trajet, avec un avancement sur la voie de 3,65 *m* à 4,55 *m* par minute. La coupe totale est de 2 *m* et, quand le lit d'ardoise ne dépasse pas 3,35 *m*, on pousse la coupe totale jusqu'à ce chiffre. Cette machine coupe en 10 heures une surface de 3,20 à 5,20 m^2.

Enfin, dans certains cas particuliers, on peut avoir intérêt à dégager la pierre par le bas. On a pour cela la *Trancheuse horizontale*, avec laquelle on exploite la pierre tendre pour les éviers, les caniveaux, etc. Chaque coupe a 4,7 *mm*. L'avancement est de 4,57 *m* par minute sur la voie, et avec trois jeux d'aciers on fait une coupe totale de 5 *m*.

Après les trancheuses, l'outil le plus généralement employé est la *Perforatrice*, qui ne sert qu'exceptionnellement, comme nous l'avons déjà dit, à faire des trous de mine. Cette perforatrice peut être montée de deux façons.

La *Perforatrice sur barre (Pl. 50, fig. 3)* est destinée à faire des trous verticaux ou près de la verticale, rigoureusement parallèles. Nous verrons plus loin à quoi cela sert dans l'exploitation ; on s'en sert en particulier largement dans les roches dures, telles que le granite, où les trancheuses ne pourraient pas suffire.

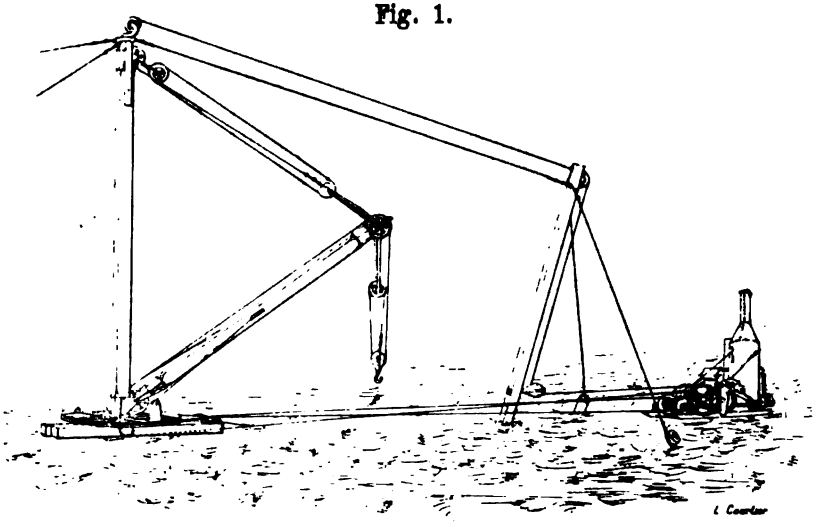
La *Perforatrice sur chevalet (Pl. 50, fig. 4)* est destinée à faire des trous horizontaux, parallèles les uns aux autres, soit dans un plan horizontal en la mettant au pied du chevalet et en faisant rouler celui-ci sur sa voie, soit suivant un plan incliné le long du chevalet, parallèlement au lit de la roche. On fait des trous rapprochés de 20 à 25 *cm*, quelquefois de 30 *cm*; cela dépend de la facilité de la roche à se fendre.

Les perforatrices employées sur chevalet sont d'un modèle puissant et font des trous de 3 *m* sur un diamètre de 31 à 63 *mm*.

Les perforatrices sur barre emploient, suivant la nature du travail, des modèles différents dont le plus fort fait un trou de 6 *m* sur 38 à 102 *mm* de diamètre au début. Ce diamètre est naturellement réduit légèrement à chaque fois que l'on change le fleuret.

Lorsque la pierre est découpée, il s'agit de l'enlever. Cela se fait exclusivement au moyen de *Bigues* placées sur le bord de la carrière (dans laquelle aucune route ne descend). Ces bigues se

Fig. 1.



composent d'un mât *(fig. 1 et Pl. 50, fig. 5, 10 et 11)*, soutenu par des haubans, et au pied duquel est articulé un bras tenu par la tête à un jeu de poulies qui passe au sommet du premier. Le bras est mobile dans le sens vertical et dans des plans différents, et cela s'opère très facilement à distance par un mécanicien auquel on fait des signaux.

Lorsque la carrière est de faible amplitude, le bras s'avance au-dessus d'elle et l'on va saisir la pierre à l'endroit où elle se trouve, presque dans la verticale de l'extrémité du bras.

Lorsque la carrière est plus grande, un câble aérien, sur lequel court une poulie, va se placer aussi près que possible au-dessus du bloc à soulever ; comme on a en général plusieurs bigues, on le fait saisir à la fois par une poulie de chaque côté, et en soulevant l'une d'elles on le remet dans un des plans voulus. On peut ainsi soulever et manipuler aisément et avec une vitesse très grande des blocs pesant jusqu'à 8 *t*. C'est de la même façon que l'on soulève les machines et qu'on les transporte d'un endroit à l'autre de la carrière.

Il y a encore un outil d'une application courante dans les carrières, mais qui est trop connu pour que nous en parlions ici. Nous ne pouvons cependant pas omettre de le mentionner. C'est la Pompe qui entre en jeu dès qu'on atteint une certaine profondeur et qui est, suivant les conditions, une dépense plus ou moins sensible de vapeur.

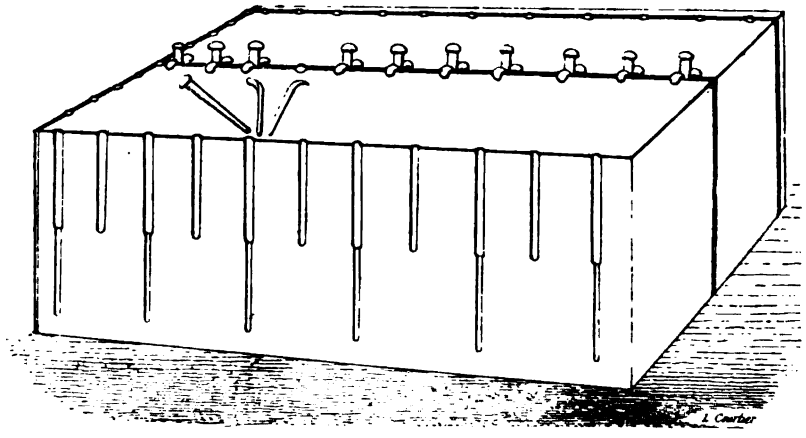
Toutes les machines que nous venons de décrire sont mues en général par la vapeur. Cependant, dans certaines carrières de dimensions importantes, on commence à s'apercevoir que les pertes de vapeur par condensation et par les joints de la tuyauterie sont considérables, et que l'on a bénéfice à installer à la surface, avec un moteur, un compresseur, en envoyant alors aux machines réceptrices de l'air comprimé qui n'a pas de pertes par condensation et qui en a beaucoup moins par les joints que la vapeur, puisqu'il n'est pas soumis comme celle-ci aux dilatations qui sont si mauvaises pour les joints.

Comme exploitation proprement dite, suivant la nature de la pierre, la façon dont elle se présente comme inclinaison et comme épaisseur des couches et les délits qui la traversent, cela varie d'une carrière à l'autre. Nous allons donner quelques exemples *(Pl. 50, fig. 8, 9, 10, 11 et 12)*.

Nous avons parlé plus haut de la division des blocs au moyen de la perforatrice sur barre. On fait avec celle-ci des trous successifs plus profonds de deux en deux et l'on place au sommet de ces trous deux séries de *cosses* dans lesquelles on enfonce une *aiguille* conique très allongée. On place ainsi une série de cosses et d'aiguilles dans tous les trous d'une ligne à dégager, et l'on frappe successivement sur toutes les aiguilles. La pierre est ainsi pres-

sée latéralement et il suffit de très peu d'efforts sur les aiguilles pour la détacher si elle est convenablement dégagée d'autre part.

Fig. 2.

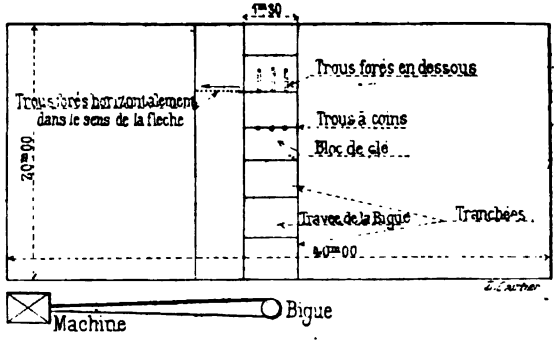


Nous montrons *(fig. 2)* un exemple d'un bloc ainsi découpé et d'une carrière exploitée de cette manière *(fig. 3)*.

Nous allons examiner d'abord l'exploitation d'une carrière

Fig. 3.

Carrière Type du Vermont (Plan)



type, avec la méthode suivie dans l'État de Vermont en la prenant à l'origine.

On découvre toute la terre de surface sur la place qui doit être exploitée. Si cet espace n'est pas limité par des propriétés, on le divise en rectangles de 30 *m* sur 60 à 90 *m*. On essaye d'abord naturellement la pierre au moyen de sondeuses dans des endroits différents pour reconnaître à la fois sa qualité

et son inclinaison et c'est d'après ces premières recherches que l'on oriente les rectangles.

On place une bigue sur un seul côté tous les 20 *m*. Dans une carrière qui n'a que 40 *m* de long, il suffit d'une seule en tout. Sans cela, dans une très grande carrière, on en place une tous les 20 *m* en commençant à 10 *m* du coin. Les bigues généralement employées ont 20 *m* de haut et sont tenues par 12 haubans. On commence par faire deux coupes en face de la bigue, éloignées de 1,30 *m* et légèrement inclinées l'une vers l'autre (d'environ 50 *mm* sur une profondeur de 2 *m*).

Ensuite on fait, toujours à la trancheuse, des coupes transversales verticales tous les 90 *cm* ou 1,20 *m* d'après le grain de la pierre, en coupant plus près dans une pierre plus dure à arracher.

Le bloc central, que l'on appelle le bloc de clé, est alors écarté le plus possible de son voisin par trois coins d'un seul côté. Puis on verse de la poudre dans le fond de la coupe où sont les coins, on y place une mèche et l'on remplit de sable. On fait sauter la poudre et la pierre est détachée d'un côté et quelquefois même des deux. On perce deux trous s'écartant en queue d'aronde au centre du bloc de clé. On y met une clé que l'on coince et on soulève le bloc de clé.

Les autres blocs de la travée centrale, appelée travée de la bigue, sont percés par-dessous à moitié par la perforatrice à chevalet, et détachés avec des cosses et des aiguilles. On les soulève d'un côté avec des pinces et l'on y glisse deux ou trois boulets de fonte de petite dimension qui permettent de les bouger légèrement, et de passer dessous les chaînes au moyen desquelles on les enlève. Pendant ce temps on a fait une seconde coupe à la trancheuse. On la dégage par-dessous à la perforatrice à chevalet, à moitié ou plus, suivant la friabilité de la pierre, et cette seconde travée est découpée en tranches verticales par des trous horizontaux les uns au-dessus des autres, faits à la perforatrice à chevalet, en partant également du creux déjà obtenu. Pendant que la trancheuse est disponible, elle fait à loisir les côtés de la carrière.

En général deux trancheuses et une perforatrice à chevalet font un groupe qui marche ensemble. Chacune de ces machines est menée par deux hommes.

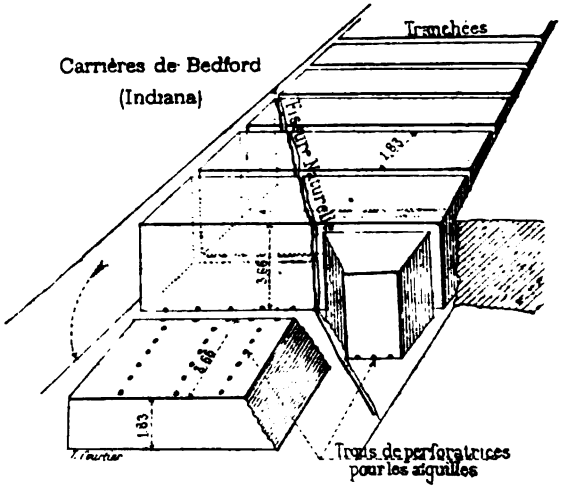
Pour une carrière à une bigue, il faut donc six hommes pour les machines; ils s'unissent pour dégager un bloc. Deux hommes

sont à la machine motrice, et un surveillant pour le tout. Le minimum est donc de neuf hommes.

La puissance de vapeur nécessaire est pour les bigues de 20 *ch*, pour les trancheuses de 24 *ch* (2 × 12) et pour la perforatrice de 6 *ch*, total 50 *ch*, indépendamment des pompes (ces dernières suivant la quantité d'eau).

Dans une autre carrière, à Bedford (Indiana), *(fig. 4)* on exploite

Fig. 4.



un calcaire oolithique assez tendre. On fait d'abord deux tranchées verticales parallèles, puis, entre ces deux, des tranchées normales aux premières, écartées de 1,83 *m* et profondes comme premières de 3,66 *m*. Puis on fait au moyen d'une perforatrice sur les chevalet des trous à la base des blocs, en profitant des lits diagonaux qui se trouvent de place en place et, lorsque le bloc est renversé, on le découpe avec des trous et des aiguilles jusqu'aux dimensions voulues pour les enlever.

Dans les carrières d'ardoise de West Rutland, *(fig. 5)* on fait des coupes normales aux couches et le toit est découpé normalement à l'inclinaison. Comme il n'est pas ébranlé du tout, il ne tombe pas.

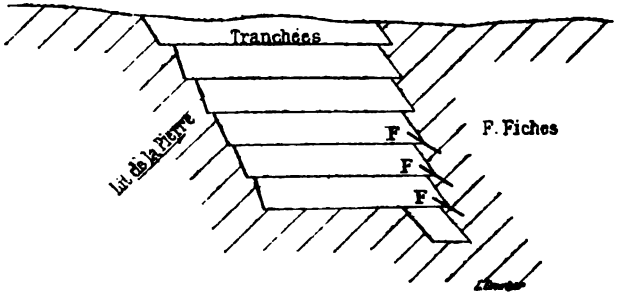
Lorsque des couches semblent devoir glisser dans la carrière, on fait à la perforatrice quelques trous à leur pied et on y enfonce des fiches de fer. Comme il n'y a pas d'explosif employé, la roche n'a aucune tendance à glisser et cela suffit à la maintenir.

Nous donnons ci-dessous quelques documents sur les carrières

de marbre du Tennessee. Ces marbres sont très fracturés et ressemblent plus à une série d'énormes galets avec un remplissage de boue, qu'à des couches régulières; pour cette raison il y a

Fig. 5.

Carrières d'Ardoises de West Rutland



beaucoup plus de déchet qu'en travaillant une masse uniforme et non fracturée. Voici les extractions de quelques carrières autour de Knoxville, Tennessee en 1902.

Ross Marble Company. — 45 hommes avec 5 trancheuses et 11 perforatrices, ont extrait 1 047,666 m^3 de marbre marchand. Cette quantité représente 40 0/0 de la quantité totale sortie de la carrière. Il y avait donc 60 0/0 de déchet.

Effet utile d'un ouvrier, net.		23,281 m^3
—	— brut	58,202

Carrière Republic. — 25 hommes 3 trancheuses et 6 perforatrices, ont extrait 821,144 m^3 de pierre marchande, représentant 40 0/0 du total. Déchet 60 0/0.

Effet utile d'un ouvrier, net.		32,845 m^3
—	— brut	82,114

Carrière John Ross. — 30 hommes, 2 trancheuses et 6 perforatrices, ont extrait 594,621 m^3 de pierre marchande représentant 40 0/0 du total; déchet 60 0/0.

Effet utile d'un ouvrier, net.		19,821 m^3
—	— brut	49,552 m^3

Carrière John Craig. — 30 hommes et 3 perforatrices, ont extrait 509,676 m^3; 60 0/0 de déchet :

Effet utile d'un ouvrier, net.		16,955 m^3
—	— brut	42,389

Ce dernier cas semble indiquer l'avantage de se servir de trancheuses, car l'effet utile par ouvrier est notablement moindre que dans le cas des carrières qui se servent de trancheuses. Il est cependant difficile de tirer des conclusions car il n'y a pas deux carrières semblables, spécialement dans ce district de Knoxville où la formation est très fissurée et dérangée.

La carrière Craig, en effet, est beaucoup plus fracturée que les autres et il y avait peu de facilité à se servir là des trancheuses, car il n'y avait pas de blocs assez grands pour y placer une trancheuse et s'en servir d'une manière satisfaisante.

Dans ces carrières du Tennessee les trancheuses ne sont pas à leur avantage parce qu'elles ne peuvent pas, comme autre part, travailler sans interruption. On s'en sert pour des tranchées courtes et elles ont souvent à traverser des failles qui entravent l'opération. Il y a aussi beaucoup de temps perdu en abloquant les voies des trancheuses sur des masses irrégulières de pierres et le départ de la tranchée sur une masse irrégulière est une opération lente et difficile.

Toutes ces difficultés réduisent probablement l'extraction journalière d'une trancheuse à moitié de sa puissance habituelle.

Nous ne pouvons qu'attirer l'attention de nos exploitants sur les moyens à la fois simples et puissants employés aux États-Unis et nous sommes persuadés, que, malgré la différence du prix de la main-d'œuvre en Amérique et en France ils auraient grand avantage à les employer, surtout à cause de la diminution du déchet et de la rapidité de production.

LES HABITATIONS A BON MARCHÉ

EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER [1]

PAR

M. E. CACHEUX

I. — Loi relative aux habitations à bon marché.

La loi du 30 novembre 1894 a été élaborée par la Société des habitations à bon marché, elle a été promulguée grâce à l'énergie et au dévouement de M. Jules Siegfried, député du Havre, bien connu dans le monde économique par la création des cités ouvrières du Havre et de Bolbec.

Les avantages de la loi s'appliquent :

1° A toute personne qui veut construire une petite maison pour son usage personnel;

2° Aux particuliers ou aux sociéiés qui désirent construire des maisons à bon marché pour les louer ou les vendre;

3° Aux Sociétés de crédit qui ne construisant pas elles-mêmes, font des prêts en vue de faciliter l'amélioration de petits logements ou l'acquisition de maisons à bon marché ;

4° Aux bureaux de bienfaisance, aux hospices et hôpitaux qui sont autorisés à employer une fraction de leur patrimoine qui ne dépassera pas le cinquième de sa valeur totale, à la construction de maisons à bon marché, en prêts hypothécaires aux Sociétés de construction et de crédit et en obligations de ces Sociétés.

La loi n'est applicable qu'aux maisons composées de logements dont les valeurs locatives ne dépassent pas celles qui sont indiquées par le tableau ci-dessous.

La valeur nette du loyer a été indiquée par la loi Siegfried. Le revenu brut a été obtenu en majorant le revenu net d'un quart de sa valeur et en majorant de 10 0/0 la somme obtenue.

(1) Voir Planche 51.

Valeur nette.	Valeur locative brute.	Communes
—	—	
90	132	de 1 000 habitants et au-dessous.
150	220	de 1 001 à 5 000 habitants.
170	250	de 5 001 à 30 000 —
220	323	de 30 001 à 20 000 —
300	440	de 200 001 habitants et au-dessus.
375	550	à Paris.

Les communes situées dans un rayon de 40 *km* autour de Paris sont assimilées à celles qui ont de 30 001 à 200 000 habitants et d'après le nouveau projet de loi, aux villes de plus de 200 000 habitants.

Ainsi qu'on le voit, les charges des maisons sont évaluées à 20 0/0 du revenu brut augmenté de un dixième de la valeur obtenue. Cette estimation n'est pas exacte, c'est pourquoi M. le sénateur Gouin a fait voter une loi demandant qu'on déduise de la valeur des charges celles qui sont relatives à la fourniture d'eau potable et à la vidange.

Aucune maison satisfaisant aux conditions ci-dessus ne peut être louée ou vendue à une personne propriétaire d'un autre immeuble.

Les Sociétés qui veulent bénéficier des avantages de la loi doivent insérer dans leurs statuts qu'elles ont pour objet exclusif, soit de faciliter l'acquisition de maisons salubres et à bon marché, soit de mettre en location des habitations de cette nature, soit d'améliorer des habitations déjà existantes.

Elles doivent stipuler, de plus, que leurs dividendes ne pourront pas dépasser le taux de 4 0/0.

Avantages fiscaux de la loi. — Les maisons à bon marché qui se trouvent dans les conditions indiquées, sont affranchies :

1° Des contributions foncières et des portes et fenêtres *pendant une durée de cinq années* à partir de l'achèvement de la maison. L'exemption comprend à la fois le principal de l'impôt et les centimes additionnels de toute nature ;

2° Le paiement des droits de mutation relatifs à la vente des maisons à bon marché pourra être effectué en cinq années;

3° Les actes nécessaires à la constitution et à la dissolution des Sociétés de construction ou de crédit, sont dispensés du timbre

et enregistrés gratuitement. Il en est de même des pouvoirs en vue de la représentation aux assemblées générales.

Cette exemption des droits de timbre ne concerne pas les titres d'actions et d'obligations;

4° Les Sociétés qui ont pour objet exclusif la construction et la vente des maisons auxquelles s'applique la loi sont exemptées de la taxe de main-morte, mais la taxe s'applique aux maisons louées ou exploitées par elles;

5° Les Sociétés qui sont constituées conformément à la loi du 30 novembre sont dispensées de toute patente. Elles sont également exonérées de l'impôt sur le revenu, mais à condition que les actions soient nominatives; de plus cette exemption ne s'applique qu'aux associés dont le capital versé ne dépasse pas 2000 *f.*

Les Sociétés existantes peuvent bénéficier de la loi.

Facilité de prêts. — Les Sociétés constituées conformément à la loi du 30 novembre 1894, peuvent obtenir des capitaux à bon marché des établissements de bienfaisance. La Caisse des Dépôts et Consignations est autorisée à employer le cinquième de la réserve provenant de l'emploi des fonds de Caisses d'Épargne qu'elle a constituée elle-même, à l'acquisition d'obligations hypothécaires négociables des Sociétés de construction et de crédit indiquées par la loi. La valeur de la somme qui peut être ainsi employée s'élève actuellement à 20 millions. Le Conseil de surveillance de la Caisse des Dépôts a décidé qu'il se contenterait d'un intérêt de 3,35 0/0 des sommes affectées à l'acquisition d'obligations.

Dans un but de propagande, la Société française des Habitations à bon marché a publié une brochure qui contient des statuts-modèles de Sociétés coopératives et tous les détails relatifs au fonctionnement de la loi. Pour se la procurer gratuitement, il suffit de s'adresser au siège de la Société, 15, rue de la Ville-l'Évêque, Paris.

Facilités d'assurances temporaires. — La Caisse d'assurances en cas de décès est autorisée à consentir des assurances temporaires qui garantissent, moyennant une légère prime, le paiement, en cas de décès de l'acquéreur, des annuités nécessaires pour devenir propriétaire.

Facilités de transmission des propriétés. — La loi Siegfried permet aux héritiers d'un propriétaire d'une maison à bon marché d'attendre leur majorité, à la condition que le délai nécessaire à cet effet n'ait pas une durée supérieure à dix ans, pour effectuer le partage et elle autorise l'attribution de la maison soit à l'époux survivant, soit à l'un des héritiers, lorsque ce dernier s'engage à indemniser les cohéritiers au moyen de sommes d'argent.

II. — Exécution de la loi.

Conseil supérieur des Habitations à bon marché. — Un Conseil supérieur a été constitué auprès du Ministère du Commerce et de l'Industrie ; il a pour mission d'examiner tous les règlements à faire en vertu de la loi et, d'une façon générale, toutes les questions concernant les logements économiques.

Les Comités locaux lui adressent chaque année un rapport détaillé sur leurs travaux. Le Conseil supérieur en fait le résumé dans un rapport d'ensemble qui est adressé au Président de la République.

Les membres du Conseil supérieur font individuellement des démarches pour provoquer la création de Sociétés d'habitations à bon marché ou pour améliorer l'état des petits logements.

Tous les ans le Conseil supérieur publie un rapport qui est adressé au Président de la République, pour lui faire connaître les résultats de la loi.

Les *Comités locaux* ont pour mission de renseigner l'Administration sur l'état des petits logements de leur région, de les propager et d'améliorer leur état quand il laisse à désirer.

Les Comités locaux d'habitations à bon marché devraient être les meilleurs agents d'exécution de la loi Siegfried. En 1902, il en existait quatre-vingt-seize, dans cinquante-deux départements, mais sur ces quatre-vingt-seize comités, il y en a fort peu qui fonctionnent utilement. Les uns donnent comme raison de leur inaction que leur région se dépeuple, qu'il y existe beaucoup de logements vacants et qu'il est facile aux travailleurs de se procurer des habitations à très bas prix (Puy-de-Dôme, Ardèche, Jura, Isère).

Les Comités qui travaillent exercent leur action de diverses manières.

Les uns cherchent à constituer des Sociétés d'habitations à bon marché et font à ce sujet une propagande très active, à l'aide de

brochures, de plans, de concours ; d'autres s'occupent de l'amélioration des logements existants, ils organisent des concours d'hygiène, de propreté, d'ordre et de confortable.

Le comité local des Bouches-du-Rhône, présidé avec tant d'intelligence et de dévouement par M. E. Rostand, a créé des concours relatifs à la construction de maisons ouvrières, à leur ameublement, à une collection de documents d'enquêtes (photographies, statistiques, etc.), relatifs aux habitations à bon marché.

Le but principal des comités locaux est de faire des enquêtes, malheureusement les moyens qu'ils ont à leur disposition sont insuffisants pour mener cette œuvre à bien. Plusieurs gouvernements ont réussi à faire œuvre utile à l'aide d'enquêtes. Ainsi l'État anglais a fait, en 1884, une enquête qui a eu pour résultat la belle loi de 1890 sur la santé publique, qui peut servir et a servi de modèle aux législations des autres pays ; les États-Unis ont confié à une Commission le soin de rechercher les causes d'insalubrité des *habitations louées (tenement houses)* et le gouvernement a fait une législation en conséquence. Un certain nombre de municipalités, notamment les villes suisses, ont fait des enquêtes avant de promulguer les règlements qui concernent, au point de vue de la solidité et de l'hygiène, les immeubles qui se trouvent sur leurs territoires. Pour faire une enquête avec succès, il faut d'abord de l'argent et ensuite l'autorisation de pénétrer dans les logements. L'enquête classique faite par la ville de Bâle, quoique ne portant que sur 4 000 logements, a coûté 14 000 *f.* Les enquêteurs, autorisés par la municipalité à visiter les logements ont éprouvé fort peu de résistance ; un seul habitant a refusé l'accès de sa demeure à un enquêteur. En France, il n'est pas aussi facile de pénétrer dans les logements ; pour mon compte, j'ai renoncé à faire des enquêtes, non seulement à Paris, mais encore dans les pays étrangers. A Londres et à Scheveningue, j'ai éprouvé des ennuis en voulant visiter des habitations ouvrières, mais ils n'ont pas été aussi graves que ceux qui sont arrivés à un de mes collègues de la Société d'hygiène, que j'avais décidé à faire une enquête dans l'Oise, qui a été arrêté comme espion, et qui n'a été relâché qu'après une captivité de quatre heures. Un de nos collègues, M. Boilève, m'a envoyé des détails intéressants sur l'habitation dans les caves. Il a visité plusieurs communes dans le département d'Indre-et-Loire et il y a relevé, dans trois communes, 94 caves habitées par 245 per-

sonnes; il serait assez intéressant d'être fixé sur l'influence du séjour des caves sur la santé de leurs habitants, mais je n'ai pas les éléments nécessaires pour faire cette étude. J'admire les personnes de bonne volonté qui nous donnent des renseignements sur l'état des petits logements de leur région, mais j'avoue que je ne les encouragerai pas à le faire tant que l'Administration ne leur donnera pas les facilités nécessaires pour les recueillir.

Avec peu d'argent, les Comités peuvent obtenir des résultats assez notables. Ainsi, le Comité des habitations à bon marché du département de la Seine, qui reçoit chaque année une subvention de 5 000 *f*, et qui a, de plus, la jouissance gratuite d'un local à l'Hôtel de Ville, a rendu des services. Jusqu'à présent, ses efforts n'ont pas obtenu le succès qu'ils mériteraient s'ils étaient estimés à la somme de travail dépensée par ses membres; néanmoins, il a fait œuvre utile et le concours d'habitations à bon marché qu'il a organisé en 1900, a contribué puissamment à démontrer la nécessité de modifier la loi de 1894 qui les concerne. Le Comité va organiser des bureaux de renseignements dans quarante et une communes du département de la Seine, et il continue son œuvre de propagande par l'ouverture d'un nouveau concours dont la rédaction du programme a été confiée à M. Ch. Lucas, notre Collègue, entre les constructeurs d'habitations à bon marché, pendant la période commencée en 1900 et qui se terminera à la fin de 1904. En vue de faciliter la tâche du Comité de la Seine, nous croyons que les communes du département auraient intérêt à faire connaître le mouvement de leur population et celui de leurs habitations, de façon à faire connaître chaque année le nombre des familles à loger convenablement et celui des logements qui seraient nécessaires à cet effet. A Paris, il est relativement aisé de se rendre compte, après quelques recherches, des quartiers où il serait utile et avantageux de construire des habitations à bon marché. La statistique indique le nombre des familles nouvelles, qui se forment par mariages, et de celles qui viennent s'y fixer dans l'espoir d'améliorer leur sort. Le nombre des maisons démolies chaque année est connu, ainsi que celui des nouvelles constructions; donc on peut déterminer la quantité de logements qui est mise à la disposition des nouveaux habitants, et il suffit d'un petit nombre de visites pour éclairer un constructeur sur le genre d'immeubles à édifier en vue de subvenir aux besoins de la population. La statistique indique non seulement les quartiers où il serait

nécessaire de construire des habitations à bon marché, mais elle décèle encore les foyers d'insalubrité, car lorsque la mortalité dépasse 20 0/00 dans une circonscription, on peut être certain qu'il y existe des habitations qui ne satisfont pas aux conditions de la loi sur la santé publique.

La mortalité dans les communes du département de la Seine est relevée dans les registres des mairies, de plus, les cas de maladies contagieuses sont signalés à la Préfecture de police, par application de la loi du 30 novembre 1892, et les déclarations servent à faire des tableaux qui sont publiés dans les *Annales du Conseil d'hygiène*. Grâce à cette publication, nous avons pu nous rendre compte de l'insalubrité de plusieurs territoires de communes qui ne sont pas drainés et où la coutume d'envoyer les eaux ménagères dans des puisards non étanches n'est pas encore supprimée. Le taux de la morbidité, que nous avons relevé dans vingt et une communes de notre département, nous a démontré que des cas de fièvre typhoïde y ont été constatés dans une proportion qui variait de 0,4 à 3,5 par 1 000 habitants. Nous ne comprenons pas que l'autorité reste indifférente en présence d'un aussi grand nombre de cas d'une maladie qu'il est si facile de faire disparaître par la distribution d'eau de source. Ainsi, depuis l'établissement d'une canalisation d'eau potable, à Vienne, où la mortalité dépasse 40 0/00 dans plusieurs quartiers, la fièvre typhoïde y est devenue tellement rare que, lorsqu'un cas de cette maladie se présente dans un hôpital, on en fait part à tous les étudiants pour leur permettre de l'étudier.

Telle qu'elle est, la loi du 30 novembre 1896 a produit quelques résultats :

Elle a provoqué la création d'une cinquantaine de Sociétés d'habitations à bon marché ;

Elle a déterminé une quinzaine de Caisses d'Épargne à consentir des prêts à des constructeurs ;

Elle a provoqué la création de la Société de crédit des habitations à bon marché, qui escompte au taux de 3 0/0 les obligations des Sociétés qui sont constituées conformément aux statuts de la loi du 30 novembre 1894.

Grâce à la création de comités locaux, elle a déterminé un grand nombre de personnes à s'occuper de la question des petits logements, et si des résultats plus importants n'ont pas été obtenus, c'est par suite de diverses causes qu'il serait utile de

signaler à nos législateurs comme nous l'avons fait pour celles que nous connaissons.

Dans le département de la Seine, la loi sur les habitations à bon marché n'a pas eu beaucoup de succès, parce que le prix des constructions y est trop élevé pour que les maisons puissent bénéficier de ses avantages.

C'est une des principales causes qui ont déterminé M. le sénateur Strauss à demander aux pouvoirs publics de la modifier de façon à permettre de l'appliquer plus fréquemment.

La modification la plus importante consiste dans l'application des bénéfices de la loi aux maisons situées dans un rayon de 40 *km* autour de Paris, dont le loyer net ne dépasse pas de plus d'un dixième la somme de 333 *f.*

L'évaluation du loyer sera fixée par des baux passés sans fraude entre les parties, et lorsqu'il n'y aura pas de bail, par le prix de revient net de la maison et le taux de capitalisation indiqué par l'article 7 de la même loi.

Les attributions de maisons à bon marché faites par les Sociétés à capital variable au profit de leurs membres ne sont assujetties à aucun droit de mutation. Cette faveur ne sera accordée qu'aux Sociétés coopératives dont les statuts auront été approuvés par M. le Ministre du Commerce.

Les aliénations consenties par les Sociétés d'habitations à bon marché, autres que les Sociétés à capital variable, ne seront passibles que d'un droit de 2,75 0/0 au lieu de 5,50.

Nous croyons qu'il faudrait accorder plus d'avantages aux constructeurs pour les décider à tenir compte de la loi du 30 novembre 1894. Nous ferons remarquer que, dans beaucoup de petites communes, dans les stations balnéaires, par exemple, les loyers sont aussi élevés que dans les villes dont elles dépendent, par suite, il y aurait lieu d'appliquer aux habitations des communes les mêmes prix qu'à celles des villes.

La réduction de 2,75 0/0 sur 10 à 11 0/0 des droits de mutation d'une petite maison ne contribuera pas beaucoup à augmenter le nombre des ventes par annuités. En pratique, on loue les maisons avec promesse de vente, mais ce mode d'opérer donne lieu à des inconvénients sérieux pour le preneur et pour le bailleur, par suite, beaucoup de propriétaires ne l'emploient plus et renoncent à aliéner leurs immeubles. Nous avons plusieurs fois proposé de ne faire payer les droits de mutation qu'au moment de la signature de la quittance du prix de vente, au

lieu de l'exiger lorsque les parties signent le contrat de vente. L'État perdrait l'intérêt des sommes représentant les droits de mutation, s'il tenait compte de notre proposition, mais il regagnerait amplement cette perte par la taxe sur le droit de promesse de vente et par le grand nombre de ventes par annuités qu'il provoquerait en adoptant notre système.

Quoique partisan convaincu de l'action de l'initiative privée, nous sommes obligé de demander à l'État et aux municipalités d'agir plus énergiquement qu'ils ne l'ont fait jusqu'ici pour provoquer la construction de petits logements. Un architecte, quand il a de l'argent et du terrain à sa disposition, peut construire facilement des habitations convenables à bon marché.

Dans les ouvrages que nous avons publiés, mon regretté professeur Émile Muller et moi, on trouve les plans d'une centaine de types d'habitations ouvrières, exécutés en France et à l'Étranger, qui répondent à toutes les conditions que l'on peut imposer à un constructeur de petits logements, et dans les maisons que l'on bâtit actuellement pour loger les travailleurs, il est assez difficile d'introduire des dispositions nouvelles. Ainsi que vous pouvez le voir *(Pl. 51)*, les plans des types de maisons les plus usités, les habitations ouvrières françaises à étages n'ont rien à envier aux constructions étrangères, et c'est après de longues recherches que nous avons fait exécuter, par M. Guyon, les plans des maisons à étages de la Société des Habitations économiques de Saint-Denis et du Groupe de Maisons ouvrières de la rue Jeanne-d'Arc qui lui ont valu le prix mis par la Ville de Paris à la disposition du jury du concours organisé par le Comité départemental de la Seine entre les constructeurs d'habitations à bon marché.

D'après nous, ces types français de maisons à étages sont les mieux compris au point de vue de la distribution et de la ventilation des logements.

Les maisons les plus économiques dont nous donnons les plans sont celles qui ont été construites par la Société des Habitations économiques de Saint-Denis dans sa propriété La Ruche.

Ces maisons construites suivant le système de feu Mangini, c'est-à-dire en béton de mâchefer, par M. Coignet, sont à quatre étages, divisés chacun en deux logements composés de trois pièces et cuisine avec W.-C. du système du tout-à-l'égout. Ces logements sont loués à raison de 300 *f* l'an et ont permis de des-

servir un dividende de 3,5 0/0 aux actionnaires de la Société depuis sa création, qui date de 1891.

Les projections des maisons pour une famille furent très nombreuses. Les habitations pour une famille se divisent en maisons à façades étroites et en maisons à large façade.

Les deux systèmes sont employés un peu partout.

Un type original, dont le plan est analogue à celui du type G, qui tend à se répandre en Allemagne, consiste en une maison à rez-de-chaussée surélevé d'un étage carré et d'un comble mansardé.

Chaque étage est divisé en un logement de deux à trois pièces et d'une cuisine avec W.-C. Les maisons de ce genre sont louées ou vendues par annuités à une seule personne qui habite l'un des étages et sous-loue les autres, de façon à être logée à peu de frais. La colonie d'Ostheim est composée de 300 maisons de ce type.

M. Cacheux, en projetant les colonies de M. Krupp, démontra que lorsqu'un constructeur disposait d'un capital important, il pouvait créer des villages d'un bel aspect au point de vue architectural.

Une des préoccupations les plus grandes d'un industriel qui crée un village est celle de prévoir le sort de son œuvre le jour où l'industrie qui le fait vivre disparaît.

Cette préoccupation n'embarrasse plus M. Pullmann, car la cité qu'il a fondée est englobée aujourd'hui dans la ville de Chicago et forme un de ses plus beaux quartiers.

Les clichés des projections que nous avons faites ont été obtenus en nous servant des planches d'ouvrages qui font partie de la bibliothèque des Ingénieurs Civils : ce sont les Habitations ouvrières en tous pays, par Émile Muller et E. Cacheux, leur supplément, par Émile Cacheux, et les volumes qui renferment la description de l'usine Krupp et de ses colonies.

Dans la planche que nous avons composée à l'occasion de notre communication, nous donnons des plans des principaux types de maisons à étages et d'habitations pour une famille, qui sont employés en France et à l'étranger. Nous reproduisons les plans des premiers types de la Société des Habitations ouvrières de Passy-Auteuil : grâce au sable trouvé dans les fondations, M. Carré put faire des briques qui revinrent à 22 *f* le mille et qui lui permirent de livrer, clef en main, dix maisons moyennant la somme de 36 000 *f*.

Le même type, construit boulevard Kellermann avec du moellon trouvé dans les fouilles, ne coûta pas plus cher.

Les habitations à un étage se divisent en deux classes : la première classe comprend les maisons qui sont à façade étroite, et la seconde celles qui ont plus de 8 *m* de longueur. Les maisons du premier type ont l'avantage de permettre de réduire au minimum les frais de viabilité, d'assurer la ventilation naturelle par la simple ouverture des portes et fenêtres et de construire les murs mitoyens avec des matériaux économiques.

Dans les habitations de la seconde classe, il faut ranger le célèbre type de Mulhouse, créé par Émile Muller.

En vue d'abaisser le plus possible le prix de revient, Émile Muller créa le type K qui n'a qu'une façade exposée à l'air extérieur, mais il eut la précaution de ménager des conduites d'air dans les murs mitoyens, de façon à assurer une ventilation parfaite.

Le type G peut être occupé par deux familles.

Ainsi que les habitations pour une famille, les maisons à étages se divisent en deux classes. Les maisons dont les logements n'ont qu'une façade exposée à l'air et celles qui en ont deux. Nous ne donnons que les plans des logements les mieux compris et employés par les sociétés les plus importantes.

Ainsi qu'on le voit, la construction des petits logements convenables n'est qu'une question d'argent et de terrain. Grâce à la loi du 30 novembre 1894, il sera facile à une société, constituée conformément à ses articles, de trouver l'argent nécessaire à la construction de beaucoup d'habitations à bon marché, mais il sera plus difficile d'obtenir le terrain nécessaire à cet effet.

Pour obtenir le terrain à un prix minimum, il faut acheter du terrain en culture et le lotir par le percement de rues établies le plus économiquement possible en tenant compte des besoins de la circulation.

Il arrive souvent que le lotissement soit entravé par la mauvaise volonté de propriétaires qui ne veulent pas se prêter à la transformation de leur terrain en culture en terrain à bâtir, et comme un particulier ne peut pas les forcer à prendre part aux opérations de ce genre, il en résulte que des rues ont des aspects bizarres, que les lots de terrain qui les bordent ont des formes irrégulières, etc.

Les communes ont le pouvoir d'acquérir par voie d'expropriation les terrains nécessaires à l'ouverture de rues, à la rectifica-

tion des lots de forme irrégulière, à l'établissement de canalisations d'eaux potables et ménagères, mais elles n'usent pas fréquemment, en France, de ce droit, surtout lorsque les travaux nécessiteraient l'entente de deux communes voisines. On comprend qu'une petite commune ne s'inquiète pas du lotissement de son territoire, mais il est plus difficile d'admettre que Paris ne cherche pas à faire disparaître les nombreuses impasses et les foyers d'insalubrité qui se trouvent encore dans son enceinte.

Pour se rendre compte de l'état dans lequel se trouvent plusieurs quartiers de Paris, il suffirait de faire une rapide excursion le long des boulevards extérieurs, entre la porte de Bagnolet et celle de Gentilly. Près de cette dernière, sur le terrain de la zone, on voit une cité formée de baraques en planches, recouvertes de carton bitumé. Une de ces baraques, de 3 *m* sur 4, est habitée par une veuve et six enfants. Son mobilier se compose d'une table, d'un tabouret et d'une batterie de cuisine en fer-blanc qui sert de vaisselle. Nous n'avons jamais pu savoir de quoi se composait la literie qui sert à cette intéressante famille qui paie 130 *f* par an pour ce taudis à un propriétaire qui en possède une trentaine d'analogues.

Les locataires exercent les professions les plus diverses. On compte parmi eux des entrepreneurs de maçonnerie, de fumisterie, de déménagement, des fabricants de couronnes mortuaires, des fabricants de parapluies, une blanchisseuse, une couturière, un cordier, etc.

Quelques habitants sont propriétaires de leurs demeures : l'un d'eux m'a dit qu'il avait profité d'une occasion pour acheter 150 *f* la maison qu'il habitait et qu'il espérait bien la revendre, améliorée comme elle l'était, 200 *f* l'été prochain. Les heureux propriétaires paient le loyer du terrain à raison de 0,50 *f* par mètre et par an.

Dans l'intérieur de Paris, boulevard Masséna, nous trouvons la villa des maisonnettes.

Le terrain d'angle est occupé par un bâtiment en carreaux de plâtre, qui a pour enseigne « Aux délices du travailleur » ; l'ouvrier qui ne trouve pas l'argent pour payer l'eau nécessaire à son ménage, n'est pas embarrassé pour payer le vin qui lui procure l'ivresse dans laquelle il oublie ses devoirs d'homme.

Les autres lots de la villa, loués à raison de 1 *f* le mètre carré sont couverts de baraques analogues à celles qui sont en dehors de l'enceinte des fortifications ; seulement, comme le terrain est

loué plus cher, l'espace libre qui les entoure est moins considérable. A la suite d'un rapport de notre Collègue M. Bunel, le Préfet de police a pris un arrêté, daté du 1er février 1902, en vertu duquel les propriétaires des terrains sont tenus d'assurer l'écoulement des eaux ménagères et de fournir de l'eau aux locataires de leurs terrains, qui seront habités par des nomades. Beaucoup de nomades sont fixés à demeure. Si nous entrons dans une baraque, nous voyons qu'elle est habitée par un cambrurier, — la moitié de la masure, construite en carreaux de plâtre, sert d'habitation à six personnes, qui couchent dans trois lits.

L'autre moitié sert d'atelier. Le père, la mère et l'aîné des enfants, en travaillant au métier de cambrurier toute la journée, gagnent à eux trois 5 *f*. Le métier consiste à dépecer de vieilles chaussures, payées 5 *f* les 100 *kg*, et à en revendre les pièces qui peuvent encore servir.

Déjà en 1853, mon regretté maître Émile Muller signalait l'existence de cette population, pour laquelle la jouissance d'une habitation confortable dans nos villes modernes ne vaut pas la liberté de vivre dans un taudis au grand air; et il avait étudié un plan de maison pour les loger, il espérait qu'un homme serait assez dévoué pour tirer parti de l'amour qu'ont les miséreux pour la propriété de façon à leur faire obtenir une maison passable.

Cet homme existe, c'est notre collègue M. Driessens, qui a créé à Saint-Denis une colonie pour loger les familles nombreuses qui ne trouvent pas à se loger dans l'intérieur de la ville. M. Driessens a fait l'acquisition d'un terrain de 20 000 *m*, il l'a loti en le perçant de rues de 7 *m*, de large, qu'il a bordées de trottoirs, et il a vendu les lots obtenus avec tous les délais désirables. Pour faciliter la construction de maisons, M. Driessens a fourni à prix de revient des matériaux à ses acquéreurs. La première fois que nous avons visité la colonie Driessens, nous avons éprouvé un certain malaise, mais cette impression s'est transformée en sentiment de satisfaction, lorsque nous l'avons revue il y a quelques jours après notre visite de la villa du boulevard Masséna.

Nous avouons que, malgré toutes nos études, nous ne sommes pas arrivé à vendre, comme l'a fait M. Driessens, une maison contenant quatre pièces, moyennant le prix de 4 000 *f*. Les acquéreurs de M. Driessens construisent à meilleur marché que lui : ainsi j'ai vu un ouvrier peintre bâtir pour 2 000 *f* une maison de

4 pièces qu'il louait 200 *f*. En réponse à mes félicitations, il m'a dit : les uns aiment la pêche à la ligne, moi je préfère employer mes moments perdus à la construction. J'ai quatre maisons que je loue, maintenant que j'ai acquis de l'expérience, je construirai pour vendre, car les ouvriers sont difficiles lorsqu'ils achètent, tandis qu'ils ne le sont pas pour louer les maisons.

Nous avons construit quelques cités dans les environs de Paris, et nous avons essayé de propager le système des building sociétés en faisant des avances à nos acquéreurs pour leur permettre de construire à leur guise. Quelques opérations de ce genre ont bien réussi, car plusieurs de nos acquéreurs sont de petits entrepreneurs qui livrent des maisons clefs en mains dans d'assez bonnes conditions. Nous leur louions nos terrains avec promesse de vente, ils construisaient et lorsqu'ils trouvaient à vendre nous résilions le bail que nous leur avions consenti et nous vendions directement les terrains aux clients qu'ils nous présentaient de façon à leur épargner le paiement des droits de mutation sur la valeur des constructions. D'autres acquéreurs nous ont donné moins de satisfaction; néanmoins, depuis quelque temps, la construction des habitations pour une famille fait des progrès, et si les Communes ne toléraient pas la construction de baraques sur leurs territoires, on trouverait plus de villas ayant un bel aspect. Il est prudent, lorsqu'on construit une cité, de bâtir soi-même toutes les maisons qui doivent en faire partie, et lorsqu'on en vend une partie, il est nécessaire d'introduire dans le cahier des charges une clause qui interdise tout changement de nature à modifier l'aspect général de la propriété.

S'il est facile d'obtenir dans des quartiers nouveaux des rues en bon état, bordées de maisons convenables, il n'en est pas de même lorsqu'on veut réaliser le même programme dans l'intérieur des villes, notamment dans celui des anciennes cités fortifiées. A Amsterdam, par exemple, une société a été constituée pour assainir un îlot de 1 800 m^2 dont 1 500 m^2 étaient couverts de constructions. Après études nombreuses, il fut reconnu que le seul moyen d'amélioration possible était la démolition de toutes les masures de l'îlot. Grâce à un courtier habile, la Société parvint à faire l'acquisition de tous les immeubles qui se trouvaient dans l'îlot; ce résultat acquis, elle les démolit et elle les remplaça par des maisons neuves qui ont un très bel aspect.

Les logements quoique composés de deux pièces, sont considérés comme modèles. La Société dépensa près d'un million de

francs dans cette opération, elle atteignit son but au point de vue de l'hygiène, mais il n'en fut pas de même au point de vue pécuniaire et comme elle ne retire pas 2 0/0 des capitaux engagés, elle ne recommencera pas d'opérations de ce genre. A Londres, le Conseil de Comté s'occupe de l'assainissement des quartiers dans lesquels la mortalité est anormale. Une de ses plus vastes opérations a été celle de Boundary Street Improvement. Le quartier assaini avait une superficie de six hectares. La mortalité générale y était de 40 0/0. La proportion des décès provenant de maladies contagieuses était de 7,9 0/0, et celle qui était due à la tuberculose, de 8,5 0/0. La mortalité dans les nouveaux bâtiments ne dépasse pas 20 0/0. La dépense relative à la démolition fut d'environ sept millions de francs et le Conseil affecta une somme de huit millions de francs, à l'édification d'immeubles à petits logements, qu'il loua de façon à reconstituer le capital engagé dans la construction, au bout de soixante ans. Les économistes français reprochent vivement au Conseil de Comté de construire lui-même des maisons modèles; ils lui reprochent de bâtir moins économiquement que l'initiative privée et d'arrêter son initiative. Il est vrai que le Conseil de Comté ne construit pas à aussi bon marché qu'un particulier, mais je ne vois pas beaucoup la différence qui existe entre le fonctionnement d'un chantier d'une grande société par actions et celui d'une municipalité ou de l'Etat.

Il est évident que le Conseil du Comté ne retire pas l'intérêt des capitaux qu'il a consacrés à l'opération de Boundary Street, mais il faut considérer que la dépense faite à son sujet doit être divisée en deux parties, qui se rapportent l'une à la destruction de taudis, et l'autre à l'exploitation de maisons.

Tous les économistes sont d'accord pour reconnaître l'utilité de la première de ces parties qui est relative à la démolition des maisons insalubres, mais il n'en est pas de même de la deuxième qui est consacrée à l'exploitation de maisons à petits logements. Cette opération devrait, d'après beaucoup de bons esprits, être faite par l'initiative privée; nous ferons remarquer que leur opinion était partagée par le Conseil de Comté, car au début de ses travaux, il mettait en vente les terrains qu'il déblayait, et il se déchargeait sur les acquéreurs de l'obligation de construire des petits logements en nombre suffisant pour recevoir un nombre d'habitants égal à celui des expropriés. Pendant quelque temps, le Conseil de Comté trouva des acqué-

reurs, mais aujourd'hui il n'en est plus de même. Les grandes sociétés, qui retiraient un intérêt rémunérateur de leurs capitaux cessent de construire des habitations à bon marché ! Les économistes ne sont pas d'accord sur les causes de l'arrêt de leurs opérations. La plupart d'entre eux estiment qu'il faut l'attribuer à la concurrence faite par le Conseil de Comté, mais du moment qu'ils prétendent que l'Etat travaille avec plus de frais que l'initiative privée, nous ne voyons pas pourquoi ce dernier leur causerait un préjudice. Il est vrai que le Conseil de Comté ne fait rapporter que 3 0/0 aux capitaux qu'il emploie, mais l'Etat fait des avances à ce taux aux constructeurs d'habitations à bon marché, donc il faut chercher d'autres raisons pour expliquer le fait.

Il nous semble que le nombre des petits logements qu'il y a lieu de construire n'est pas illimité, et qu'il arrive assez rapidement un moment où les ouvriers bons payeurs sont fournis. Quand ce moment est arrivé, on ne peut plus choisir ses locataires comme on le désirerait, et l'on éprouve des pertes avec ceux qui paient irrégulièrement leurs loyers. D'autre part, le prix des matériaux et de la main-d'œuvre a augmenté beaucoup dans ces dernières années. Quoi qu'il en soit, le Conseil de Comté continue ses opérations; au début il perdait sur l'exploitation des maisons qu'il construisait, aujourd'hui il en retire non seulement l'intérêt de leur prix de revient, mais encore une somme suffisante pour l'amortir en soixante ans et par suite pour faire regagner en partie à l'Etat les sommes qu'il a perdues en dépenses relatives à l'hygiène. J'hésite à blâmer le Conseil de Comté, car je trouve qu'il est tout aussi utile d'employer des capitaux de façon à enlever quelques victimes à la maladie, au crime et à la mort, que de les affecter à l'amélioration de la race chevaline ou aux plaisirs des classes privilégiées.

Pour nous la méthode employée par le Conseil de Comté devrait être suivie dans la plupart de nos villes françaises, et beaucoup de nos quartiers parisiens gagneraient à être transformés comme l'ont été ceux dans lesquels se trouvent actuellement les 92 propriétés du Conseil de Comté, qui ont donné lieu à une dépense totale de près de 40 000 000 de *f* et à la construction de près de 3 000 logements convenables.

La ville de Paris a dépensé des sommes considérables pour son embellissement, et pendant longtemps encore les étrangers citeront ses boulevards, ses parcs, comme des merveilles. Nous

nous garderons bien de chercher à diminuer la réputation de notre capitale, mais nous ferons remarquer qu'il serait temps d'arrêter nos constructeurs, qui bâtissent partout des maisons à étages, en utilisant le plus possible le terrain sans se soucier du grand principe qui dit que *là où le soleil n'entre pas, la maladie entre.* Dans beaucoup de nos appartements, les pièces destinées à la réception sont fort belles, mais il n'en est pas de même des chambres à coucher, et beaucoup d'entre elles sont mal éclairées et mal ventilées. Que dire des chambres de domestiques, qui sont situées sous les toits et constituent des foyers d'insalubrité, non seulement au point de vue physique mais encore au point de vue moral. Quoi qu'il en soit, de grands progrès ont été accomplis à Paris au point de vue hygiénique; au commencement du XIX^{e} siècle, la mortalité moyenne y était de 33 0/00 elle n'est plus aujourd'hui que de 18,4 0/00 et cependant il y existe encore des quartiers où la mortalité par tuberculose dépasse 10 0/00.

Les ingénieurs de la Ville attribuent une grande partie de ce résultat à l'assainissement de la Ville par la suppression des fosses fixes, par l'envoi des eaux ménagères et des vidanges aux égouts, par la fourniture abondante d'eau de source et d'eau de rivière, par la destruction de quelques quartiers insalubres, et ils sont heureux de nous citer quelques quartiers où la mortalité n'est que de 14 0/00. Les communes françaises pourront donc facilement s'inspirer de l'exemple donné par Paris et assainir leurs territoires respectifs.

Nous n'engageons pas les municipalités à imiter servilement les procédés d'assainissement adoptés par les ingénieurs de la Ville de Paris, car nous avons la conviction qu'il serait facile de trouver des méthodes plus économiques que celles qu'ils emploient pour utiliser les résidus de la vie domestique. Ce qu'il faut considérer dans l'exemple donné par la Ville de Paris, c'est qu'elle dépense des sommes considérables pour assurer le bien-être de ses habitants au point de vue hygiénique et que si les autres municipalités françaises suivaient la même voie, des sommes très importantes seraient consacrées à des travaux où les ingénieurs civils trouveraient à s'occuper utilement. Au moment où la loi sur la santé publique est entrée dans la période d'exécution, j'ai pensé qu'il serait intéressant d'attirer pendant quelques instants l'attention de nos collègues sur les divers problèmes qui seront posés à son sujet, car j'estime qu'ils en résoudront

beaucoup, s'ils suivent l'exemple qui nous a été donné par nos anciens.

Il me suffira de citer mon regretté maître Emile Muller, qui a su résoudre d'une façon si heureuse en France, le problème qui consiste à rendre l'ouvrier propriétaire de la maison qu'il habite, et feu Mangini qui a créé la Société d'habitations à bon marché la plus importante de France, pour encourager nos collègues à étudier pratiquement les diverses questions qui sont relatives à l'hygiène sociale.

LE RADIUM

LA RADIOACTIVITÉ — HYPOTHÈSES

PAR

Paul BESSON.

Dans la communication que j'ai eu l'honneur de faire à la Société des Ingénieurs Civils de France, en avril 1901, j'ai parlé de la découverte et de l'extraction du radium et ai résumé les premiers travaux de M. Curie, de Mme Curie, de M. Becquerel et de M. Debierne. Je ne reviendrai pas sur la première question, je me bornerai à citer les propriétés nombreuses du radium et à en conclure des hypothèses sur la constitution de la matière et la propagation de la lumière.

Je dois d'abord rappeler que, lorsque je parlerai de radium, je voudrai dire sel de radium et, en général, de baryum et de radium ; que la radioactivité est la propriété d'un corps d'émettre des rayons de Becquerel, c'est-à-dire des radiations spéciales, ayant beaucoup d'analogie avec les rayons X et les rayons cathodiques ; qu'enfin, les sels de radium sont classés par activité, en prenant comme unité l'activité de l'uranium métal.

Cette terminologie établie, je vais examiner les propriétés du radium, en citant seulement pour mémoire ce que j'en ai dit dans ma première communication.

Action photographique.

L'action radiographique du radium est très rapide à petite distance. On peut obtenir des radiographies après des poses de quelques heures. Les radiations du radium produisent la phosphorescence des écrans au platinocyanure de baryum ou du sulfure de zinc.

Action chimique.

Je rappelle l'action sur l'oxygène transformé en ozone, la transformation du platinocyanure de baryum en un sel brun, la coloration du verre, de la porcelaine, du sel gemme, du chlorure de potassium, du papier, la réduction du bichlorure de mercure en calomel par l'acide oxalique, la transformation du phosphore blanc en phosphore rouge.

M. Berthelot a fait des expériences en employant un tube contenant du radium très actif, enfermé dans un second tube exactement en contact.

Il a constaté qu'en immergeant pendant neuf jours le tube dans une éprouvette contenant de l'acide iodhydrique, l'iode est mis en liberté ; une autre éprouvette témoin, également placée dans l'obscurité, n'a présenté aucun changement ; il a constaté également que l'acide azotique était jauni.

M. Berthelot a finalement trouvé que ces actions étaient dues à la lumière du radium et non aux rayons de Becquerel, et qu'elles étaient supprimées par un écran de papier noir.

Le tube mince, qui sépare le tube de radium du milieu, a été coloré en partie en brun, par réduction métallique du plomb contenu dans le verre ; une autre partie a été colorée en violet par oxydation du manganèse du verre au contact de l'air.

La suroxydation peut sembler complémentaire de la réduction du plomb. On peut admettre qu'il y a là, soit l'action de deux ordres de radiations, soit électrolyse ou ionisation du corps.

Action physiologique.

On a déjà signalé les effets sur la peau, il se produit de véritables brûlures, M. Becquerel a eu une plaie après six heures de contact à travers un tube de verre ; elle n'a commencé à se manifester qu'au bout de quelques jours ; elle ne s'est guérie qu'après un mois de pansement au liniment oléocalcaire.

M. Curie a répété l'expérience sur le bras ; il a constaté, de plus, la desquamation des doigts, qui deviennent douloureux ; cette douleur persiste au bout de deux mois. Les parties de la peau qui ont été en contact avec le radium deviennent dures, se mortifient, laissant des cicatrices.

Le docteur Danlos, de l'hôpital Saint-Louis, a traité des lupus

érythémateux, en plaçant sur des plaies de petits sachets en gutta-percha contenant du radium à l'activité de 15 000.

Il a présenté toute une série de guérisons par cicatrisation à la Société d'Herpétologie ; le radium produit un effet bactéricide, d'une façon plus profonde que les rayons photothérapiques de Filsen et de Lortet.

Dans la séance du 16 février dernier, le docteur Roux a présenté à l'Académie des Sciences, une note de M. Danisz, de l'Institut Pasteur, relative aux propriétés physiologiques et bactériologiques du radium.

M. Danisz a constaté que le tube contenant du radium très actif, plus de 300 000 produisait en quelques heures une escarre au contact de la peau ; au bout de quarante-huit heures la lésion cesse de s'aggraver.

Un tube placé sous la peau produit un faible effet ; si on le place le long de la colonne vertébrale d'une souris, on constate, sur les jeunes souris, une paralysie assez rapide suivie de mort ; sur les souris plus âgées, il faut un temps plus long pour qu'il y ait action : ce temps est de sept à huit jours pour les adultes.

Ces expériences montrent que les os se laissent difficilement traverser. Si on trépane un lapin et si on fait application du radium au contact de la masse cérébrale, on observe une hémiplégie rapide entraînant la mort. Les larves du papillon des farines sont paralysées et meurent au bout de vingt-quatre heures. Le microbe du charbon est détruit au bout de très peu de temps.

D'autres expériences ont montré que le radium détruisait le pouvoir germinatif ; l'expérience a porté sur les graines du cresson alénois et de la moutarde blanche pendant huit jours, les graines témoins germaient dans la proportion de 8 sur 10.

En terminant le résumé des effets physiologiques, on ne doit pas oublier l'action du radium sur les liquides réfringents de l'œil, qui sont rendus fluorescents, donnant l'impression d'une lueur. Avec les sels très actifs l'action a lieu non seulement par application sur la tempe ou sur le front, mais encore à travers la paroi d'une boîte en bois ; cette action ne doit pas être prolongée longtemps, car elle pourrait amener la paralysie du nerf optique.

Radioactivité induite.

Les rayons émanant du radium sont, les uns déviables, analogues aux rayons cathodiques ; les autres non déviables, comme les rayons X. Cette déviation est produite par un aimant, et, réciproquement, la boussole est déviée par les rayons cathodiques.

Nous admettrons l'hypothèse balistique de Crookes et de J.-J. Thomson, qui explique la production des rayons cathodiques par une émission de corpuscules électrisés; elle rendra plus clairs les phénomènes de radioactivité et nous reviendrons à son sujet pour la justifier.

Il est assez difficile de croire à la déviation par le champ magnétique de rayons immatériels, et la grande analogie des effets des rayons de Becquerel avec ceux des rayons cathodiques, nous conduira à admettre que la radioactivité est produite par des corpuscules électrisés.

Les corps soumis à l'action du radium, dans une enceinte close, s'activent tous de la même façon. C'est la radioactivité induite. L'activité induite est indépendante de la nature et de la pression du gaz de l'enceinte activante.

Les corps, retirés de l'enceinte et soustraits à l'action, se désactivent suivant une loi relativement rapide que MM. Curie et Danne ont établie et qui est donnée par une exponentielle. La loi de désactivation est, en général, la même pour tous les corps : ainsi l'aluminium, le cuivre, le plomb, le bismuth, le platine, l'argent, le verre, l'alun, se comportent de même ; le caoutchouc et le celluloïd fortement activés ne perdent cette activité que très lentement.

L'enceinte qui a contenu du radium perd son activité peu à peu; l'intensité diminue de moitié en quatre jours, la loi de désactivation est la même, que la température soit à + 450 degrés ou à — 180 degrés. La radioactivité induite se transmet dans l'air, de proche en proche, de la matière activante à la matière à activer, et cela même, mais plus lentement, à travers les tubes capillaires. Les corps s'activent progressivement d'autant plus rapidement que l'enceinte dans laquelle ils se trouvent est plus petite, et tendent à prendre une activité induite limite comme dans un phénomène de saturation; l'activité-limite est d'autant plus élevée que le produit agissant est plus actif.

Si on emploie une solution aqueuse de radium très actif, on a des effets de radioactivité induite très intenses et très réguliers, on trouve que l'activation est la même, que la pression soit celle de l'atmosphère, ou celle de la tension de vapeur de la solution.

Si la substance est solide, on obtient la même limite si on fait le vide à 2 ou 3 *mm* de mercure. Si on place dans un ballon une solution active, relié par un tube à un deuxième ballon contenant du sulfure de zinc phosphorescent, on a une superbe expérience : le sulfure devient aussi lumineux que s'il avait été exposé à la lumière. Cette luminosité est due à la radioactivité induite communiquée par le tube et ne provient pas du rayonnement direct du radium.

L'intensité des rayons de Becquerel émanant du sulfure de zinc est égale à celle de toutes les autres substances placées dans le ballon. Si on sépare les deux ballons, la phosphorescence du sulfure persiste pendant plusieurs jours ; si l'on fait passer de l'air dans le ballon, la phosphorescence décroît avec une grande rapidité, comme si l'on faisait disparaître une émanation produite. Le verre ayant contenu une solution de radium est phosphorescent pendant plusieurs jours ; ce phénomène est particulièrement intense avec le verre de Thuringe. M. Curie a remarqué que la rapidité d'activation induite des corps placés dans une enceinte activante dépend de l'espace existant entre eux. Si on a des lames de cuivre, distantes seulement de 1 *mm*, l'activation est lente ; si la distance est de 3 *cm*, elle est rapide.

La rapidité est proportionnelle à la distance qui sépare les lames.

Dans les deux ballons réunis par un tube, les parois des ballons sont plus lumineuses que celles du tube qui est long et étroit. Il semble qu'il y ait répandu dans l'espace d'une enceinte close un pouvoir d'activation en équilibre dans les diverses parties, mais que les parois s'activent proportionnellement à l'espace libre situé devant elles. Au bout de trois semaines, l'équilibre règne partout. L'activité augmente avec la quantité de la solution active ; le pouvoir d'activation n'est donc pas analogue à une tension de vapeur.

MM. Curie et Debierne ont produit de l'eau radioactive de plusieurs façons :

1° En distillant de l'eau contenant du chlorure de radium ;

2° En plaçant dans une enceinte un cristallisoir contenant de

l'eau avec du chlorure de radium et un second cristallisoir contenant de l'eau distillée ;

3° En plaçant dans l'eau distillée une capsule de celluloïd contenant du radium.

Ces eaux activées ont peut-être un grand pouvoir microbicide.

M. Wilson a présenté, le 5 mai 1902, à la « Philosophical Society of Cambridge » ; une note décrivant des expériences qui lui avaient fait constater qu'un récipient ayant contenu de la pluie, fraîchement tombée et évaporée à siccité, était radioactif.

M. Becquerel a constaté la production de rayons secondaires en plaçant un peu de radium dans une rainure ménagée dans un bloc de plomb. Quand on dispose ledit bloc sur une plaque photographique enveloppée de papier noir, l'effet sur la plaque photographique est très intense, non seulement au-dessous du plomb mais encore sur les parois latérales. Le rayonnement atteint une intensité remarquable : il se produit un phénomène analogue à ce qu'est la phosphorescence et la fluorescence pour la lumière.

Le radium, produisant des rayons cathodiques décharge les corps chargés positivement. Nous avons montré cette expérience lors de notre première communication.

On peut la mettre encore mieux en évidence en soufflant par un tube sur la boule d'un électroscope chargé positivement. Cet électroscope se décharge rapidement si on place une ampoule scellée de radium dans le tube. Les gaz de l'air sont décomposés en ions ; la présence des ions dans un électrolyte permet le passage du courant ; il en est de même pour un gaz qui cesse d'être isolant.

On peut produire une charge électrique par l'action du radium.

Une lame métallique, reliée par une tige à un électroscope, est noyée dans un bloc de paraffine, et le tout est enfermé dans une enceinte reliée à la terre. On prend ses dispositions pour que d'un côté de la lame l'enceinte et la paraffine aient une faible épaisseur.

Si l'on place de ce côté, à petite distance, du radium, on voit naître une charge électrique dans l'électroscope.

On conçoit difficilement l'existence de charges électriques non liées à la matière pondérable. On est donc amené à considérer comme vraisemblable l'émission de particules matérielles électrisées négativement, provenant du radium, et capables de traverser sans se décharger des écrans et des diélectriques.

M. Curie a reconnu que les rayons du radium agissent sur les diélectriques liquides, comme sur l'air, en leur communiquant une certaine conductibilité électrique. Il a opéré sur l'air liquide, l'éther de pétrole, l'huile de vaseline, etc. La température ne joue, dans ces phénomènes, qu'un rôle très faible.

Nous terminerons cette étude de la radioactivité, en citant deux expériences qui peuvent donner une quasi-certitude de la théorie de l'émission de corpuscules cathodiques :

1° On sait qu'il est très difficile d'obtenir la condensation sous forme de brouillard d'un jet de vapeur, arrivant dans une enceinte contenant un gaz absolument privé de poussière, bien que la température soit inférieure à celle de la condensation. Que, par contre, si le gaz contient des particules très fines de poussière, il se produit une sorte d'effet d'attraction et la vapeur se condense sous forme de brouillard. Les rayons cathodiques et les rayons de Becquerel produisent un effet absolument analogue ;

2° Il y a quelques années, M. Landolt avait cru constater que certaines réactions physiques ou chimiques s'accomplissaient dans quelques cas avec une variation de poids supérieure aux erreurs de l'expérience. Cela semblait compromettre les lois fondamentales de la conservation de l'énergie et de la matière. Plusieurs savants ont cherché à contrôler ces expériences, et M. Heydweiller vient de publier des expériences dans la *Physikalische Zeitschrift*.

Il attribue ces variations de poids aux phénomènes de radioactivité. Un tube en verre d'Iéna contenant 5 *gr* de substances fortement radioactives, a été comparé, pendant des semaines, avec un tube similaire de même poids et de même volume contenant des débris de verre. Il a constaté une perte de poids continue, égale à environ 0 *mg* 02 par vingt-quatre heures. On évalue l'énergie émise par la substance étudiée à 5 ergs par seconde et par centimètre carré de surface. A radioactivité égale, les calculs de M. Becquerel donneraient, pour l'énergie émise par la substance employée par M. Heydweiller, sous la forme de rayons déviables, la quantité de 10^7 ergs par jour. Or, la perte de 0 *mg* 02 observée pour le même intervalle, correspond dans le champ terrestre à une énergie potentielle de gravitation d'environ $1{,}2 \times 10^7$ ergs.

Cet accord frappant, dit la *Revue générale des Sciences*, à laquelle nous empruntons ces résultats, quant à l'ordre de grandeur,

suggère la conclusion que : dans les phénomènes de radioactivité, il s'agit d'une transformation directe d'énergie potentielle de gravitation en énergie de radiation, hypothèse s'accordant très bien avec les vues modernes sur ces phénomènes.

Nous ne pouvons garantir l'exactitude de cette expérience, non encore contrôlée, mais devons rappeler que, d'après les expériences de M. et Mme Curie, la puissance rayonnée est de 10 millionièmes de watt, le déplacement de matière correspondante est d'environ 1 *mg* en un milliard d'années. L'ordre de grandeur est si faible qu'il échappe à nos instruments de mesure.

En terminant cette étude, je dois citer une communication de MM. Curie et Laborde à l'Académie des Sciences, le 16 mars 1903. Ces messieurs ont trouvé que le radium dégage spontanément de la chaleur. 1 *g* de radium dégage 100 petites calories par heure et la température du radium est toujours supérieure de 1,5 degré à la température ambiante.

Nous ne pouvons donner aucune explication de ce phénomène en contradiction complète avec toutes nos connaissances scientifiques.

J'ai dit, dans ma précédente communication, que le traitement des résidus de pechblende, d'où l'on extrait le radium, a été fait par la Société centrale de Produits chimiques, presque entièrement à ses frais, aidée par l'Académie des Sciences et la Société d'Encouragement.

Le 5 mars 1902, l'Institut de France, comprenant les cinq Académies, a décidé à l'unanimité, sur le rapport de M. Maurice Lévy, d'employer une somme de 20 000 *f*, provenant du legs de M. Hubert Debrousse, à permettre à M. et à Mme Curie de poursuivre leurs travaux et à produire du chlorure de radium pur.

Ma Société, poursuivant son œuvre, s'est engagée à traiter des tonnes de résidus de pechblende, sans aucun bénéfice. L'opération se poursuit encore actuellement. Je rappelle que pour extraire le radium, on fait passer sur la tonne de résidus de pechblende, environ 5 *t* de produits chimiques et 50 *t* d'eaux de lavage. On obtient environ 300 *gr* de sel assez actif après le gros traitement. Cela montre la précision que l'on peut atteindre dans un traitement d'usine.

La disproportion entre la somme et le résultat à obtenir paraît considérable ; mais le fait de consacrer 20 000 *f* pour obtenir 1 ou 2 *gr* d'un corps prouve que l'Institut attache une importance de premier ordre aux recherches faites.

Hypothèses

Radiations et Mouvements vibratoires

A la suite des travaux de Huyghens et de Fresnel, et ensuite de Maxwel, on a admis, d'une façon générale, que les phénomènes acoustiques, électriques, calorifiques, optiques, etc., étaient produits par le mouvement vibratoire d'un milieu idéal et hypothétique appelé éther, existant partout entre les atomes, dans le vide parfait, dans les espaces intersidéraux. Les phénomènes diffèrent par le nombre des vibrations.

D'après le tableau de Crookes, de 16 vibrations à 32 768 vibrations, on a des ondes sonores, de 65 000 à 34 400 000 les ondes électriques, les ondes calorifiques sont comprises entre 4 trillions et plus de 2 quatrillions avec le spectre infra-rouge ou rayons calorifiques, le spectre visible avec une moyenne de 600 trillions de vibrations, et le spectre ultra-violet ou rayons chimiques ; enfin, avec des zones inconnues, on attribue aux rayons X les ondes correspondant de 576 quatrillions à 9 quintillions de vibrations.

Hypothèse de l'Émission cathodique

On semble admettre maintenant, après la théorie de Maxwel, les expériences de Rowland, de Hertz et la théorie de Lorentz, que l'électricité reste attachée à certaines particules matérielles extrêmement petites et douées de vitesses considérables, appelées électrons, et que la circulation de ces électrons à travers les corps produit le courant voltaïque.

A l'aide de cette conception, W. Crookes et J.-J. Thomson considèrent la production des rayons cathodiques comme l'émission de corpuscules électrisés, prenant naissance sous l'action de l'étincelle électrique dans un gaz très raréfié. Ces particules bombardent le verre ; en tenant compte des effets produits, on a pu mesurer la masse, la vitesse et la charge électrique de ces corpuscules. La masse est extrêmement petite, la charge électrique énorme, la vitesse de même ordre que celle de la lumière. On a montré que les propriétés des rayons ne variaient pas avec la nature du gaz contenu dans l'ampoule ; cela a donné un argument de plus pour admettre l'unité de la matière.

Les rayons de Becquerel contiennent des rayons cathodiques ;

nous avons dit qu'ils transportaient de l'électricité négative, qu'ils étaient partiellement déviés par l'aimant, qu'ils produisaient la condensation de la vapeur d'eau, etc., etc. On peut en conclure, avec quelque certitude, que ces rayons sont produits par une émission de particules matérielles.

A priori, admettre que l'atome n'est pas insécable, paraît un non-sens ; mais n'avons-nous pas été obligé, dans la théorie des ions, d'admettre que, dans les solutions électrolytiques, les atomes dissociés ou ions étaient capables de cheminer les uns à côté des autres sans se combiner, à cause de leur charge électrique.

Les phénomènes qui se produisent, quand on chauffe le soufre, l'action catolytique de la mousse de platine, la modification de certains corps, la dissolution, ne semblent-ils pas des arguments suffisants pour admettre la divisibilité de l'atome ?

Système de l'Atome

M. Jean Perrin (1) conçoit l'atome comme un système solaire en miniature, où les corpuscules chargés d'électricité négative tournent comme des planètes autour d'un ou plusieurs soleils de masse relativement considérable et chargés d'électricité positive, le tout formant un système électriquement neutre. La différence entre les atomes peut provenir du nombre des corpuscules, de leur vitesse, de leur distance au centre ; l'atome lourd est un système planétaire plus riche. Or, dans ces atomes lourds, certains de ces corpuscules se trouvent assez éloignés du centre, et mal assujettis ils peuvent devenir, en se libérant, des corpuscules cathodiques. Wilson et J.-J. Thomson ont calculé que la masse de ces corpuscules est égale à la millième partie de l'atome.

L'hypothèse de Perrin explique parfaitement la radioactivité, qui est la propriété de corps à poids atomique très élevé : radium, 225 ; thorium, 234 ; uranium, 240. Elle est très séduisante, car elle généralise le principe de la gravitation universelle jusqu'à l'état ultime de la matière, au micratome, comme l'on pourrait dire.

Elle applique à l'explication de phénomènes un principe parfaitement connu, elle admet de plus l'unité de la matière, croyance plus vraisemblable que celle d'un nombre fini de corps simples.

(1) Voir : Jean Perrin, les *Hypothèses Moléculaires*.

Essais d'une théorie de la propagation de la lumière.

Newton avait admis que la lumière était produite par l'émission de particules émanant du corps lumineux. Huyghens fit prévaloir l'hypothèse du mouvement vibratoire : la lumière n'est plus une substance, mais un mode de mouvement dans le milieu idéal appelé éther. Fresnel, à la suite de ses travaux sur l'interférence et la polarisation, confirma la théorie des mouvements ondulatoires, et cette théorie fut universellement admise. L'éther est doué de propriétés bien contradictoires, puisqu'il est plus subtil que le gaz le plus délié et plus élastique que le solide le plus doué de cohésion. Fresnel conçoit la vibration comme perpendiculaire au plan de propagation; Neuman, au contraire, la conçoit dans ce plan. Maxwel, en rattachant les phénomènes lumineux à la production des courants électriques, qui eux-mêmes sont expliqués par le déplacement de corpuscules infiment petits; M. Perrin, en admettant que les corpuscules font 600 trillions de révolutions par seconde, moyenne des vibrations lumineuses exécutées en une seconde, font revivre la théorie de l'émission. De l'atmosphère coronale du soleil raréfiée et fortement électrisée, dans l'espace intersidéral également très raréfié, il peut se produire un transport de corpuscules capables d'atteindre une grande vitesse; et alors nous pouvons concilier l'hypothèse de Newton avec celle de Huyghens et de Fresnel.

Voici ce que m'écrit à ce sujet M. de Lapparent, qui me donne d'instinct l'hypothèse suivante :

« Pour concilier la périodicité, inséparable des mouvements » lumineux, avec l'émission des corpuscules, il suffit, ce me » semble, de se reporter à l'hypothèse de M. Jean Perrin.

» J'imagine que les corpuscules, qui se détachent après avoir » tourné d'une vitesse vertigineuse doivent décrire dans l'es- » pace une hélice à tours extrêmement serrés et à diamètre infi- » niment réduit. De la sorte, au lieu de faire vibrer l'éther, » qu'il faut douer de propriétés contradictoires, on aurait des » vibrations hélicoïdales, pouvant différer pour chaque nature » de vibration et par le pas de l'hélice, c'est-à-dire la période, » et par le diamètre du cylindre, ce qui pourrait expliquer les » phénomènes de dispersion.

» Cette idée m'est venue après la lecture d'un savant travail » de M. Marx, inspecteur général des Ponts et Chaussées, sur » « l'Ether, principe universel des Forces ». Il m'a semblé qu'il

» suffisait de transporter cette propriété aux corpuscules eux-
» mêmes ».

Il me semble que l'hypothèse de l'éminent membre de l'Institut est fort admissible : elle ne contredit rien et semble éclairer la question.

Conclusion.

Voilà bien des hypothèses et peut-être peu de vérités, n'est-il pas vrai ? Mais, comme le dit très bien M. Dastre (1) :

« On ne saurait exiger d'une hypothèse scientifique qu'elle
» représente d'ores et déjà la formule définitive et invariable de
» la vérité. Elle est seulement un moyen de la préparer. C'est
» une construction d'attente, un échafaudage provisoire, indi-
» quant plus ou moins vaguement la forme et les aspects du
» monument véritable. Elle doit remplir, pour être justifiée,
» des conditions précises, dont la première, naturellement, est
» de ne se trouver en contradiction avec aucun fait positif, et
» la seconde d'être féconde, c'est-à-dire de suggérer et faire
» découvrir des faits nouveaux; d'expliquer et de coordonner
» des faits déjà connus et restés sans liens. Son utilité lui fait
» pardonner de n'être qu'une vue partielle de la vérité, à
» laquelle l'esprit humain ne peut atteindre que par approxi-
» mations successives ».

Les hypothèses et les expériences existent dans toutes les parties de la science, même dans celles qui paraissent les moins expérimentales. Dans les mathématiques, nous sommes obligés d'user du syllogisme hypothétique de la récurrence, qui nous permet d'étendre une loi indéfiniment dont certains points ont été vérifiés expérimentalement.

La continuité, les degrés des infiniment petits, l'infini sont des conceptions de l'esprit. Pour M. de Freycinet, le postulatum d'Euclide en géométrie est le résultat de l'expérience. Les trois dimensions sont une façon commode de concevoir l'espace. L'expérience a joué un rôle important dans la genèse de la géométrie.

En Angleterre, on considère la mécanique comme une science expérimentale : nous sommes environnés de faits d'expérience, de postulats dérivant de ces expériences et d'hypothèses; l'espace absolu, le temps absolu, l'égalité de deux durées, le prin-

(1) Dastre. — *Revue des Deux-Mondes.*

cipe de l'inertie, le mouvement absolu, le principe de la conservation de l'énergie, l'égalité de l'action et de la réaction.

Il faut se reporter à l'ouvrage de M. Henri Poincaré *la Science et l'Hypothèse*, dont nous cherchons à nous inspirer ici.

Il dit : « Il n'y a plus de science, si nous ne faisons pas de généralisation, et toute généralisation est une hypothèse ». — « L'expérience est la source unique de la vérité, elle seule peut nous apprendre quelque chose de nouveau, elle seule peut nous donner la certitude. La physique mathématique nous rend le service de généraliser ». — « Nous découvrons à chaque instant des liens nouveaux entre les objets et des faits. Si l'ordre se fait, la science tend vers l'unité et la simplicité; mais si devant le flot de nos richesses nous ne pouvons plus classer, il faudra abandonner notre idéal et réduire la science à l'enregistrement d'innombrables recettes ».

Sera-ce la faillite de la science dont certains ont parlé? Je ne le crois pas; car, sans pouvoir présumer de l'avenir, les résultats acquis dans ces dernières années sont singulièrement encourageants; en démontrant l'identité entre la lumière, l'électricité et le magnétisme, nous avons établi l'unité de la force. Si nous admettons l'unité de la matière, c'est là un nouveau progrès, bien que la cause initiale reste toujours dans les ténèbres de la métaphysique. Notre esprit conçoit des hypothèses pour expliquer des faits que l'expérience nous révèle, mais notre mode d'investigation est bien imparfait, les fenêtres par lesquelles nous regardons la nature sont singulièrement étroites, elles varient avec les individus. Notre oreille ne perçoit que certains sons, notre œil ne voit que certains rayons, notre infériorité n'est pas moindre pour le goût, pour l'odorat et pour le toucher. Si la terre était entourée de nuages de façon permanente, nous ne pourrions nous figurer ses mouvements dans l'espace, et cependant nous pourrions voir l'expérience du pendule de Foucault; c'est de cette façon que nous sommes en relation avec le monde extérieur. Nos instruments se perfectionneront, nos moyens d'investigation augmenteront; mais nous continuerons à voir quelques points seulement sur lesquels notre esprit établira des lois, bâtira des hypothèses chancelantes comme l'est l'œuvre de l'homme; mais qu'importe! la recherche de la vérité n'en restera pas moins l'idéal vers lequel tendra indéfiniment l'effort de l'humanité, idéal fuyant toujours vers l'Infini.

DE L'EMPLOI DES MOTEURS A PÉTROLE

A BORD DES BATEAUX DE PÊCHE

PAR

M. J. PÉRARD

Dans une précédente communication, j'avais déjà exposé la transformation subie par l'industrie de la pêche maritime en France et à l'étranger en vous faisant connaître les nouveaux engins et les types récents de chalutiers à vapeur. Je vous ai indiqué comment leur emploi avait modifié les conditions économiques de cette industrie et suscité, sur certains points de nos côtes, les réclamations énergiques des pêcheurs à la voile.

Ceux-ci leur reprochent surtout de dévaster les fonds de pêche; il ne m'appartient pas de discuter ici cette assertion, ni même de chercher ce qu'elle a de fondé : je me bornerai à vous faire remarquer que les vapeurs ne traînant leurs engins que sur des fonds situés à plus de trois milles, c'est-à-dire placés en dehors de notre mer territoriale, toute réglementation restrictive, *qui ne sera pas internationale*, frappera notre industrie au profit de l'industrie étrangère. Ce n'est pas la taxe de 10 *f* par tonneau de jauge que l'on a proposé au Parlement d'imposer aux chalutiers à vapeur français, qui limitera le nombre des chalutiers anglais, draguant, en vue des côtes françaises, jusqu'au fond du golfe de Gascogne (1). Remarquons enfin que l'arrêt de la marche en avant d'une industrie n'est jamais de nature à enrichir ceux qui en vivent. Quels sont les ports de pêche où le marin gagne le plus, ceux où l'industrie de la pêche s'est le plus modernisée? Meilleure est, à notre avis, la solution qui consiste, non à désarmer les forts de la lutte industrielle, mais à armer les faibles. Faciliter aux marins la transformation de leur outillage serait ce qu'il y aurait de plus profitable pour eux.

Nous pensons que l'adoption de moteurs auxiliaires est de nature à permettre aux voiliers de faire une concurrence avantageuse aux chalutiers à vapeur; que faut-il pour que cette trans-

(1) Le nombre des chalutiers à vapeur anglais dépassait 1900 au 1er janvier 1903; en France, leur nombre s'élève à 100 environ.

formation réussisse ? d'abord le concours des armateurs, ensuite celui des pêcheurs.

Les premiers comprendront facilement, nous l'espérons, tout l'intérêt que présente cette adoption de moteurs auxiliaires quand ils sauront qu'il résulte des expériences faites, que le voilier, muni d'un propulseur auxiliaire, rapporte une fois et demie autant que le simple bateau à voile.

Pour les pêcheurs, il sera peut-être plus difficile de leur faire admettre le principe d'un prélèvement nouveau sur les parts de pêche pour amortir la dépense causée par le moteur; cependant nous pensons que, l'expérience aidant, ils ne tarderont pas à se rendre compte que ce prélèvement nouveau est même, dès les premières années, largement couvert par l'augmentation du rapport du bateau; et que cette augmentation s'accentue à mesure que, mieux familiarisé avec le nouvel engin, le pêcheur sait lui faire rendre ce que l'on peut attendre de lui.

Le second point est d'avoir des moteurs appropriés à ce service, moteurs robustes, peu délicats, faciles à régler et à entretenir, n'exigeant pas la présence à bord d'un personnel spécial.

Nous allons étudier maintenant ce côté de la question.

Une première étape dans l'adoption des moteurs est celle qui consiste à actionner le cabestan mécaniquement, tout en gardant les voiles seules pour la propulsion.

Je vous ai donné, dans une précédente communication, le type des cabestans à vapeur qui sont communément employés sur les bateaux boulonnais. L'emploi de moteurs à pétrole semble aujourd'hui plutôt indiqué. Ils sont d'un maniement plus commode, plus faciles à mettre en marche au moment opportun que les cabestans à vapeur, qui exigent la mise en pression préalable de la chaudière, enfin, ils tiennent moins de place.

Pourquoi leur emploi ne s'est-il pas répandu? Parce que les premiers essais n'ont pas donné les résultats que l'on attendait.

Citons, comme exemple, une des premières applications faites en France et qui remonte à l'année 1895. Un armateur de Groix, bien connu par ses études sur la colombophilie et l'aérostation, très dévoué aux idées qui lui paraissent des idées de progrès, le docteur Deneuve, fit installer sur un de ses navires, l'*Hortense-Fanny*, un moteur du système Forest et Gallice; ce dernier, mal approprié aux services qu'il devait rendre, ne lui donna aucune satisfaction; l'équipage, mal disposé envers le nouvel engin, con-

tribua d'ailleurs, pour sa part, à exagérer l'importance des « pannes » du moteur à pétrole, si bien que, découragé, le docteur Deneuve dut débarquer son moteur et abandonner ses essais.

Aujourd'hui les constructeurs de moteurs à pétrole ont étudié des types spéciaux appropriés à la commande des cabestans qui fonctionnent régulièrement.

Aussi pouvons-nous citer comme exemple d'applications ayant réussi le dundée de Groix, *Grand-Large*, muni d'un moteur à pétrole de 6 *ch* 1/2 et le *Saint-Sébastien*, de Port-en-Bessin (M. Michel Lefournier, armateur), muni d'un moteur à pétrole de 8 *ch* système « Duplex ».

Dans tous les cas, la transmission de mouvement réunissant le moteur au cabestan doit être très robuste en raison des chocs qu'elle a à subir; elle doit, en outre, présenter une facilité très grande de variation de vitesse et d'arrêt instantané; la résistance à vaincre est, en effet, des plus variables, suivant les obstacles qui se présentent au fond de la mer, tant que le chalut n'est pas à pic. Si cet engin est engagé, il faut pouvoir arrêter immédiatement pour empêcher une déchirure du filet, ou même la rupture de la fune. Dans la disposition que la Compagnie Duplex a adoptée, la transmission s'effectue par l'intermédiaire d'une vis sans fin et d'un arbre à denture hélicoïdale, l'intérieur de la vis étant muni d'un embrayage système Bonnaffous que l'on peut manœuvrer du pont. Le cabestan est muni de quatre poupées de diamètres inégaux qui permettent de réaliser des vitesses différentes, suivant la manœuvre qu'on désire effectuer, hissage des voiles, levage de l'ancre ou du chalut, etc.

L'opération du levage du chalut, qui est des plus pénibles à bord d'un voilier, exige 1 heure et demie environ, peut être effectuée en 15 à 20 minutes à l'aide du cabestan à moteur. C'est cette difficulté de la manœuvre du chalut, à bord des voiliers, qui les conduit à prolonger outre mesure la durée de traîne, ce qui donne du poisson plus abîmé, et diminue le rendement, le filet étant, à la longue, complètement obstrué par les algues, les coquilles, les fragments de roches, etc.

La facilité des manœuvres avec le cabestan à moteur permet la suppression d'un homme d'équipage. Le prix d'un cabestan est de 3 500 *f* environ.

Après avoir appliqué les moteurs aux cabestans, il était rationnel d'aller plus loin, et de songer à munir les bateaux à voiles de propulseurs auxiliaires. Les premiers essais datent de quel-

ques années, et c'est en Danemark que cette application semble surtout avoir progressé. Elle a été faite aussi bien sur les petits navires qui pratiquent la pêche côtière que sur ceux qui se livrent à la pêche hauturière. Il y a à l'heure actuelle, dans ce pays, plus de cinq cents navires, depuis 3 *tx* jusqu'à 50 *tx*, munis de propulseurs auxiliaires.

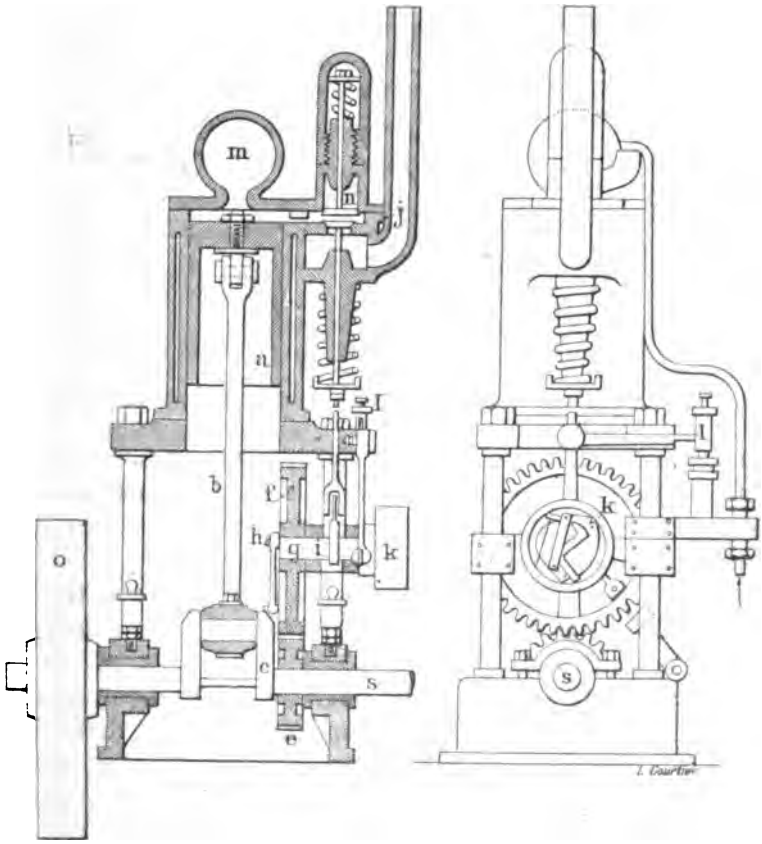


Fig. 1. — Moteur à pétrole employé sur les bateaux de pêche en Danemark.

Le moteur qui est le plus communément employé, est le moteur « Dan » de la maison Jörgensen de Copenhague. Il est à quatre temps, au pétrole lampant, avec allumage par tube incandescent. Les variations de vitesse et la marche arrière des navires sur lesquels il est en usage, s'obtiennent au moyen d'une hélice réversible. Ce moteur est robuste et bien construit; il a été installé sur plus de quatre cents bateaux, soit pour actionner sim-

plement le cabestan, soit comme propulseur auxiliaire, et a toujours donné la plus entière satisfaction. Le prix varie depuis 1 700 *f* pour 2 *ch*, jusqu'à 6 000 *f* pour 20 *ch*. Si l'on ajoute au prix du moteur lui-même celui de l'hélice reversible (2 000 *f*), du cabestan (300 *f*), du réservoir à pétrole (600 *f*) et de l'installation (800 *f*), on arrive à environ 10 000 *f* pour l'installation complète d'un moteur de la force de 20 *ch*. L'encombrement dans ce cas est de : hauteur, 2,50 *m*, longueur, 1.50 *m*, largeur, 0,95 *m*.

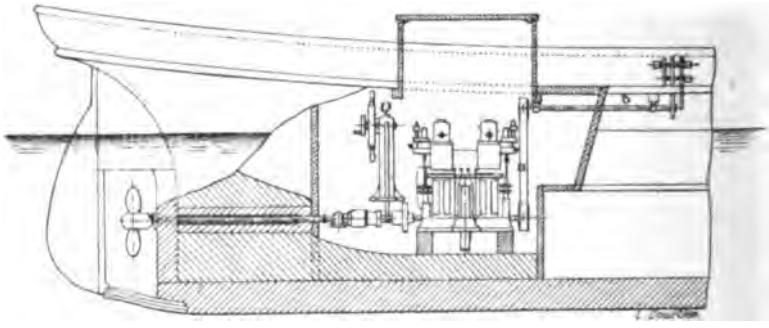


Fig. 2. — Installation d'un moteur « Dan » à bord d'un bateau de pêche danois.

En Allemagne, nous trouvons également quelques bateaux munis de propulseurs auxiliaires. Ils sont de construction récente, et nous manquons de renseignements sur les résultats atteints dans leur emploi.

En Amérique, une application a été faite des moteurs à pétrole sur les doris employées à la pêche côtière de la morue, dans l'État de Massachusetts.

Ces doris, de 15 à 20 pieds de long, excellentes pour les conditions ordinaires de la pêche, ont cependant un gros défaut, c'est qu'elles ne remontent pas dans le vent; elles ne peuvent naviguer sous voiles qu'aux allures largues : les marins qui les montent doivent donc ramer le plus souvent. Si l'on remarque que les lieux de pêche sont quelquefois à plus de 10 milles du port, il n'y a pas lieu de s'étonner que souvent les pêcheurs reculent devant une sortie faite par certains vents et préfèrent rester à terre. Pour les mêmes raisons, ils peuvent être conduits à quitter prématurément les lieux de pêche, devant la menace d'un vent contraire un peu violent. L'emploi du moteur supprime ces inconvénients; aussi une véritable flottille de doris auxiliaires a-t-elle été créée en peu de temps. Un type courant est le suivant : 9 *m* de long; 7,20 *m* de quille; 2,30 *m* de large; 0,75 *m*

de creux. Puissance du moteur, 4 *ch*, vitesse réalisée: 7 nœuds, prix : 800 dollars environ (armement complet, compris moteur et accessoires); le bateau est bordé à clins et est ponté à l'avant, à l'arrière et sur les côtés. Un certain nombre de ces doris ont essayé avec succès, l'année dernière, la pêche du hareng *à la lumière électrique;* le moteur, dans ce cas, actionne en plus, la dynamo.

L'application des moteurs auxiliaires a été également faite dans les goélettes qui se livrent à la pêche hauturière du maquereau. Nous pouvons citer comme modèles les goélettes *Véda*, *Mc. Kown*, *Saladin* et *Constellation*.

Le moteur est ici de 25 *ch*, la vitesse réalisée, 7 à 8 nœuds. Le *Saladin* a les dimensions suivantes : longueur, 32,40 *m*; largeur, 7,50 *m*; creux, 3,30 *m*; jauge brute, 138 *tx*, nette, 89 *tx*. Prix du moteur, cabestan, hélice, etc., 5 000 dollars. *La Constellation* a rapporté en 1902, 31 000 dollars, ce qui a porté la part de l'équipage à 611,70 dollars par homme. (Comme comparaison, une goélette à voile la *Bertha and Pearl*, a rapporté 21 400 dollars, ce qui donne 506 dollars à la part pour l'équipage.)

En France, nous avons à rendre compte de deux applications, très intéressantes de moteurs auxiliaires, se rapportant à des pêches différentes.

La première dont nous parlerons est celle faite sur le *Va-de-l'avant*, dundée de Groix armé pendant l'hiver, pour la pêche au chalut, et pendant l'été, pour la pêche du thon. La seconde, la plus importante du monde entier comme force mise en jeu, est celle du *Jean*, harenguier de Boulogne, appartenant à la maison Altazin.

C'est sur les conseils de M. Guillard, le directeur de l'école de pêche de Groix que M^me^ Lemonnier, à qui l'on doit tant d'œuvres utiles aux pêcheurs, a fait successivement construire, d'abord le dundée *Grand-Large*, muni d'un moteur à pétrole pour le cabestan, puis, devant les services rendus par ce dernier, le dundée *Va-de-l'avant*, muni, cette fois-ci, non seulement du moteur pour le cabestan, mais aussi d'un propulseur auxiliaire.

Le moteur est du système « Dan » à deux cylindres; il développe 22 *ch*. La transmission de mouvement au cabestan se fait par l'intermédiaire d'un embrayage à friction; un second embrayage à griffes n'est employé que lorsque, pour une raison quelconque, l'on veut faire mouvoir à bras le cabestan. L'arbre de l'hélice est attaqué directement (avec interposition d'un

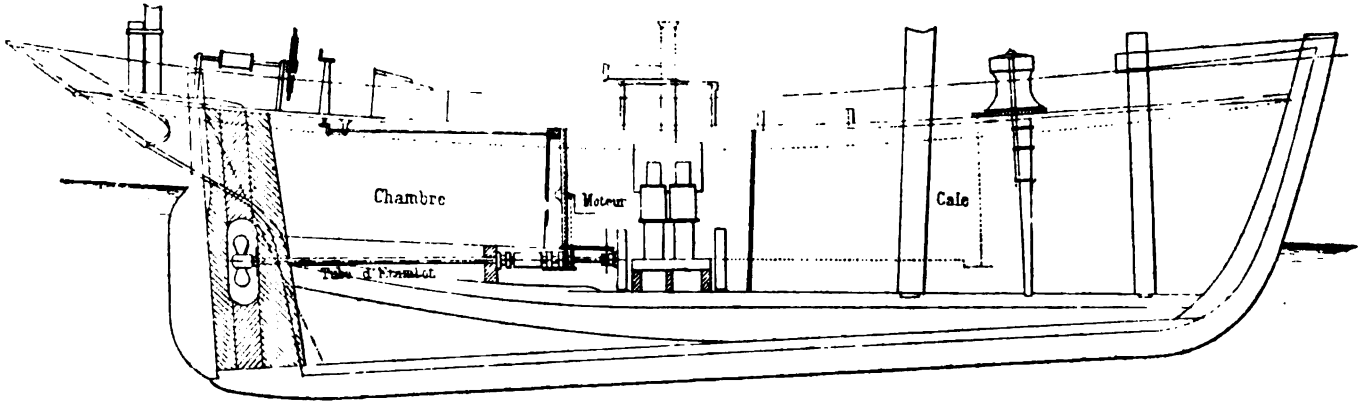


FIG. 3. — Installation d'un moteur « Dan » à bord du *Va-de-l'Avant*.

engrenage à friction). Les changements de marche et les variations de vitesse sont effectués au moyen de l'hélice elle-même dont les deux branches sont mobiles et peuvent, à l'aide d'une transmission de mouvement, prendre les inclinaisons propres aux différentes vitesses. Ce procédé de changement de marche par hélice réversible, dont nous avons signalé l'application courante sur les moteurs danois, donne toute satisfaction pour les navires de ce tonnage; il est d'une souplesse remarquable et d'une grande facilité de manœuvre; le levier de commande est placé sur le pont, à côté de la barre. Quand le bateau est sous voile, les deux ailes de l'hélice, ramenées à la position zéro, sont placées dans le plan vertical de l'étambot et ne gênent en rien la manœuvre du navire.

La vitesse que l'on peut atteindre par calme plat est de 5 nœuds. Cette vitesse est insuffisante pour permettre de chaluter sans l'aide des voiles : il faudrait 6 1/2 à 7 1/2 nœuds. Mais

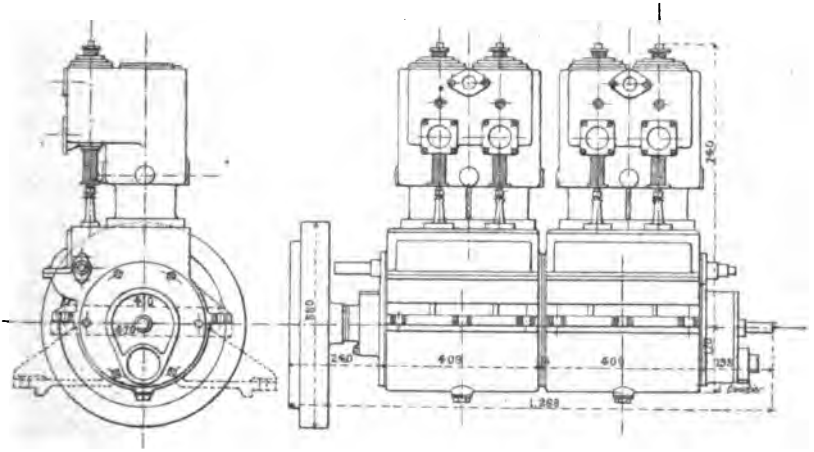


Fig. 4. — Moteur « Abeille ». Installation pour bateau de pêche.

déjà les services que rend ce moteur pour marcher en calme, entrer et sortir des ports, par vent debout, pour naviguer dans les estuaires étroits et les passes difficiles, sont des plus marqués.

Le prix de ce moteur est d'environ 7 000 *f*. Il consomme par heure 10 à 12 *l* de pétrole lourd, soit environ 400 *gr* par cheval et par heure. Le pétrole étant cédé aux armateurs au tarif des produits d'exportation, ceux-ci peuvent se le procurer à environ 0,15 *f* le litre; la consommation par heure sera donc de 1,50 à 2 *f* suivant les cas.

L'application de ce moteur a permis la suppression d'un homme d'équipage.

Quant au bateau lui-même, il est fort bien construit et possède sous voiles toutes les qualités de vitesses jointes à une bonne tenue à la mer.

Il faut féliciter Mme Lemonnier d'avoir eu l'initiative de cette expérience; il faut aussi reconnaître les services rendus, à cette occasion, par l'école de pêche de Groix; grâce à l'enseignement donné dans cette école, Mme Lemonnier a pu trouver parmi les marins des collaborateurs intelligents, tout disposés à l'aider et non pas opposés par routine à une innovation faite dans leur seul intérêt.

L'application faite par Mme Lemonnier semble d'ailleurs devoir être suivie, et nous avons appris que trois nouveaux chalutiers auxiliaires allaient bientôt être mis en chantier.

Mais il ne faudrait pas, pour que cette utile transformation puisse progresser, que la loi proposée au Parlement et soumise à l'heure actuelle au Comité consultatif des pêches maritimes vienne à être votée. Le projet de loi prévoit, en effet, une taxe de 10 *f* par tonneau de jauge, non seulement sur les vapeurs, mais encore sur les voiliers munis de moteurs auxiliaires, dont le tonnage est supérieur à 10 *tx*.

Adopter une telle résolution serait aller contre l'intérêt des pêcheurs eux-mêmes, puisque le tonnage des navires qui se livrent à la pêche hauturière est toujours supérieur à 10 *tx*.

Ce dernier tonnage est même surpassé par un certain nombre de barques du littoral breton. La loi semble donc vouloir protéger particulièrement ces dernières.

Ceci m'amène à parler des barques de pêche bretonnes, que j'avais laissées volontairement de côté. Ce sont des chaloupes non pontées, de faible tonnage (4 à 10 *tx*), qui se livrent pendant l'année à plusieurs sortes de pêche, l'hiver la pêche au chalut *la drague*, au printemps la pêche du maquereau et du merlan, en été et en automne la pêche à la sardine. Le pêcheur compte généralement beaucoup sur cette dernière. Lorsqu'à la suite d'un hiver pendant lequel le mauvais temps a été la règle, la pêche au chalut a pour ainsi dire été nulle (le marin ne pouvant, avec ces barques non pontées, s'éloigner du port), la pêche à la sardine arrive à son tour à être improductive, c'est pour ces marins, qui ont accumulé les dettes pendant l'hiver, la misère épouvantable qui s'est étendue cette année sur tout le littoral breton.

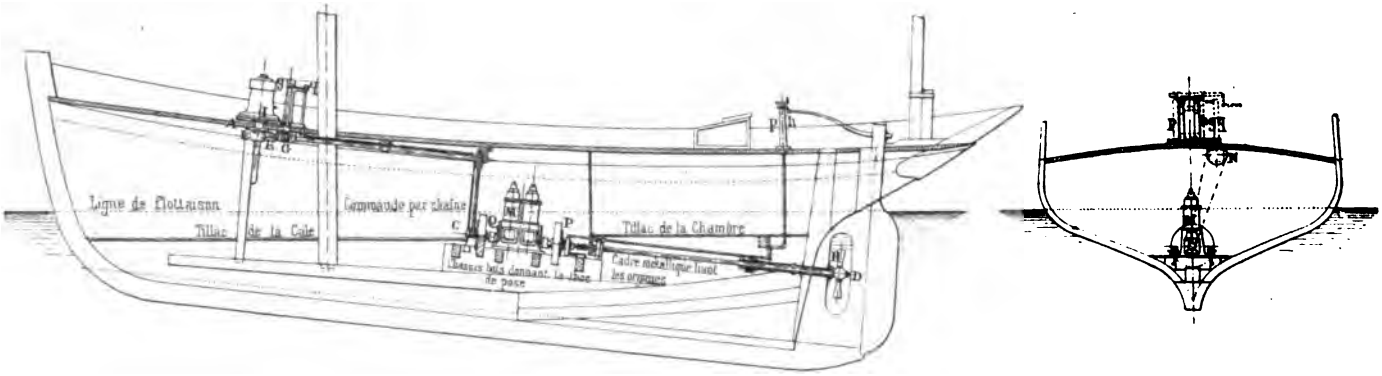


Fig. 5. — Projet d'installation d'un moteur à pétrole à bord d'un bateau de pêche.

Millot et Cie constructeurs à Gray.

Quelle est la cause de cette absence de la sardine sur les côtes bretonnes? Je n'ai pas à le rechercher ici. Il a été beaucoup publié sur cette question et, il faut le reconnaître, surtout des choses inexactes : on a prétendu, par exemple, que « *les chalutiers, en ravageant les fonds sous-marins, enlevaient les herbes sur lesquelles la sardine pond ses œufs* ». Or, l'on a démontré depuis longtemps que les œufs de la sardine sont pélagiques et flottants. Il est vraisemblable que la sardine n'a pas, cette année, trouvé sur le littoral breton les conditions de son habitat normal, température de l'eau, nourriture, etc.; au lieu de continuer à remonter le long des côtes comme tous les ans, elle s'est arrêtée dans les parages de Belle-Isle, en poussant une petite pointe de courte durée jusqu'à Concarneau.

Je n'ai pas à rappeler l'admirable élan de charité qui a secouru nos pêcheurs bretons; mais ici encore la prévoyance ne serait-elle pas préférable? Quels seraient donc les moyens de prévenir une crise analogue à celle qui a sévi cette année? Fournir aux pêcheurs un matériel plus résistant, lui permettant de gagner sa vie pendant l'hiver, de telle sorte que la pêche à la sardine serait pour lui un supplément de gain, important, cela va de soi, mais non pas l'unique ressource de l'année, devant suffire aux besoins du jour et amortir les dettes contractées pendant l'hiver.

Cette transformation doit-elle être totale et s'appliquer aussi bien à la pêche d'hiver qu'à la pêche de la sardine? Il est assez difficile de répondre, car si on veut amener le pêcheur à se servir pour la pêche à la sardine d'engins plus perfectionnés, de filets-bourse *(purse seine)*, par exemple, analogues à ceux que les Américains emploient pour la capture du *menhaden (Clupea Menhaden)*, il y a aura bientôt sur le marché, dans les années ordinaires, une trop grande quantité de sardines, et la crise n'en existera pas moins, seulement en sens inverse. Il faudrait, pour réussir, une certaine entente entre tous les pêcheurs et une discipline sur laquelle on ne peut guère compter. Et cependant, l'emploi de ces engins serait de nature à diminuer, dans de fortes proportions, une des dépenses principales de la pêche, la rogue, appât qui sert à attirer la sardine.

Faut-il modifier les barques actuelles? La réponse est facile, après le rejet de la proposition précédente; les barques actuelles sont merveilleuses de lignes, d'une rapidité et d'une tenue sous voiles admirables, pourvues de qualités nautiques supérieures, légères et marchant suffisamment bien à l'aviron pour, même

en temps de calme, revenir des lieux de pêche entièrement à la rame. Aussi, nous ne croyons pas que ce soit utile, en vue de la seule pêche à la sardine, de transformer ces barques, dont l'intérieur est aussi bien approprié que l'extérieur aux besoins divers de la pêche qu'elles pratiquent. La pêche s'exerce près des côtes, au petit jour, et les barques rentrent au port aussitôt que possible, car la sardine est un poisson délicat qui s'altère rapidement.

Mais il serait utile et profitable, à notre avis, de créer, à côté du matériel existant actuellement, une flotte de navires plus puissants, permettant à une grande partie des marins embarqués l'été sur les bateaux sardiniers, de pratiquer la pêche hauturière au chalut ou aux cordes pendant le reste de l'année.

Je ne veux pas quitter la région bretonne sans dire quelques mots du yawl auxiliaire *la Sardine*, annexé à la station zoologique de Concarneau pour ses recherches scientifiques. Ce navire, ponté et muni d'une machine auxiliaire à pétrole, système de Farcy, actionnant une hélice réversible, rendra de grands services à la station de Concarneau en lui permettant d'étendre son rayon d'action; dans l'esprit de M. Fabre-Domergue, Inspecteur général des pêches maritimes, il peut aussi servir d'enseignement pour les pêcheurs et leur montrer les services que peut rendre l'adoption des engins mécaniques. Il y a tout lieu de féliciter M. Fabre-Domergue de son initiative éclairée.

Nous ne nous étendrons pas sur les dispositions adoptées à bord de ce bateau, les essais effectués dernièrement ayant montré la nécessité d'un certain nombre de modifications à apporter aux dispositions primitives.

Le troisième exemple d'application des moteurs à pétrole aux bateaux de pêche dont j'ai à vous entretenir, est celui du *Jean*, de Boulogne, bateau appartenant à la maison Altazin-Petyt. Le *Jean* est destiné à la pêche du hareng dans la mer du Nord et du maquereau sur la côte d'Irlande; nous avons déjà indiqué comment on pratique ces pêches, nous n'y reviendrons ici que pour étudier quels services particuliers peut rendre le propulseur auxiliaire.

Le moteur permet : 1° l'aller et le retour rapide du port aux lieux de pêche; 2° la manœuvre du bateau en pêche; 3° par son application aux cabestans, les manœuvres diverses : levage des filets, de l'ancre, du mât, hissage des voiles, transport des caisses de poissons.

Nous allons examiner rapidement ces différents points :

1° Le transport rapide sur les lieux de pêche et surtout le retour au port. — La valeur du produit de la pêche dépend beaucoup de sa fraîcheur, de l'état dans lequel il est présenté, et les bateaux boulonnais qui font la pêche du maquereau sur les côtes d'Irlande n'hésitent pas, pour vendre plus vite leur poisson à Boulogne, à prendre des remorqueurs qui leur demandent de 1 500 à 2 000 *f*;

2° La manœuvre du bateau en pêche. — En temps de calme, le bateau à voile ne peut mettre ses filets à la mer, car il faut que le bateau avance pour tendre les filets et les empêcher de s'embrouiller.

Par gros temps, le bateau virant ses filets à bord, c'est le contraire qui se passe; le bateau dérivant fortement sous l'action du vent, exerce une tension énergique sur l'aussière des filets, et si l'on veut virer au cabestan, on risque de briser cette aussière et de perdre ses filets. Le propulseur, en permettant au bateau de se porter en avant, contre le vent, permet de soulager cette tension et, par suite, de faire le virage sans danger de rompre l'aussière.

3° Je n'insisterai pas sur les avantages du moteur appliqué au cabestan, d'abord parce que j'en ai déjà parlé dans ma dernière communication, ensuite, parce qu'à l'heure actuelle, tous les bateaux boulonnais sont munis de cabestans à vapeur.

L'expérience faite sur le *Bayard*, de Boulogne, bateau auxiliaire à vapeur, a démontré que le produit de la pêche dépasse d'un tiers et parfois de la moitié celui d'un navire à voile.

Quels sont maintenant les avantages particuliers du moteur à pétrole comparé au moteur à vapeur dans ces différents services :

1° *Encombrement.* — Le moteur à vapeur occupe les deux tiers du bateau, le moteur à pétrole à peine la cinquième partie;

2° *Facilité de mise en marche immédiate.* — Avec la machine à vapeur, il faut une mise en pression préalable de la chaudière. Or, les circonstances qui nécessitent l'emploi du moteur auxiliaire ou du cabestan peuvent n'être que passagères et, dans ce cas, l'avantage du moteur à pétrole s'explique de lui-même. C'est tellement vrai que, bien des bateaux boulonnais, munis de cabestans à vapeur, préfèrent ne jamais laisser tomber leurs feux, de manière à pouvoir virer à n'importe quel moment;

3° *Économie de personnel et de combustible.* — De personnel; avec une machine à vapeur de 240 *ch*, il faut un mécanicien breveté

à 350 *f*, un second mécanicien à 250 *f* et deux chauffeurs à 150 *f*, ce qui fait 1 150 *f* par mois; avec un moteur à pétrole, les règlements n'exigent plus de mécanicien breveté, et on peut prendre deux marins intelligents, soit 300 *f* par mois pour les deux; économie 850 *f*. L'économie du combustible ressort : d'abord du prix du pétrole employé à bord des bateaux, 15 *f* les 100 *kg* (prix du pétrole à l'exportation), ensuite et surtout de la facilité de mise en marche du moteur au moment opportun.

Ces considérations ne sont pas des considérations théoriques : elles résultent de la comparaison faite sur les deux bateaux auxiliaires suivants, l'un le *Bayard*, à vapeur, l'autre, le *Jean*, muni d'un moteur à pétrole. Nous allons donner quelques renseignements sur ces deux navires :

Le *Bayard* :

Longueur	20,70 *m*
Largeur	7,80
Profondeur	3,70
Tonnage brut	145 *tx*
— net	67

Machine compound. Vitesse obtenue : 4 nœuds, 4 nœuds 1/2. Rapport de la jauge brute à la jauge nette : 1/2 environ.

L'hélice est à quatre branches, pouvant se mettre, quand le moteur n'est pas en service, dans le plan de l'étambot, et deux

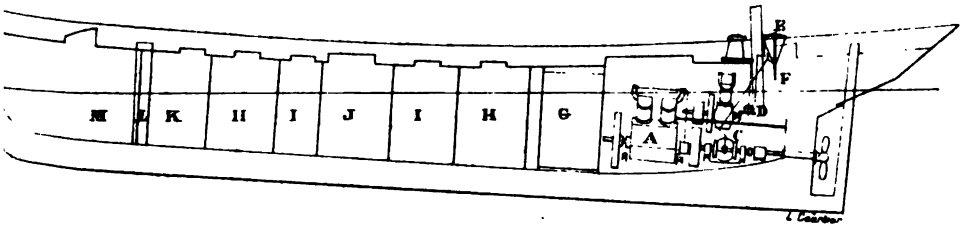


Fig. 6. — *Jean*, harenguier de Boulogne, muni d'un moteur à pétrole Duplex de 200 *ch.*

panneaux, manœuvrés depuis le pont, permettent de fermer son logement.

Sur ce navire, qui est en service depuis quatre ans environ, les armateurs ont pu vérifier ce que nous exposions tout à l'heure, qu'un bateau harenguier, muni d'un moteur auxiliaire, rapporte le tiers, quelquefois la moitié, en plus d'un bateau à voile sans moteur.

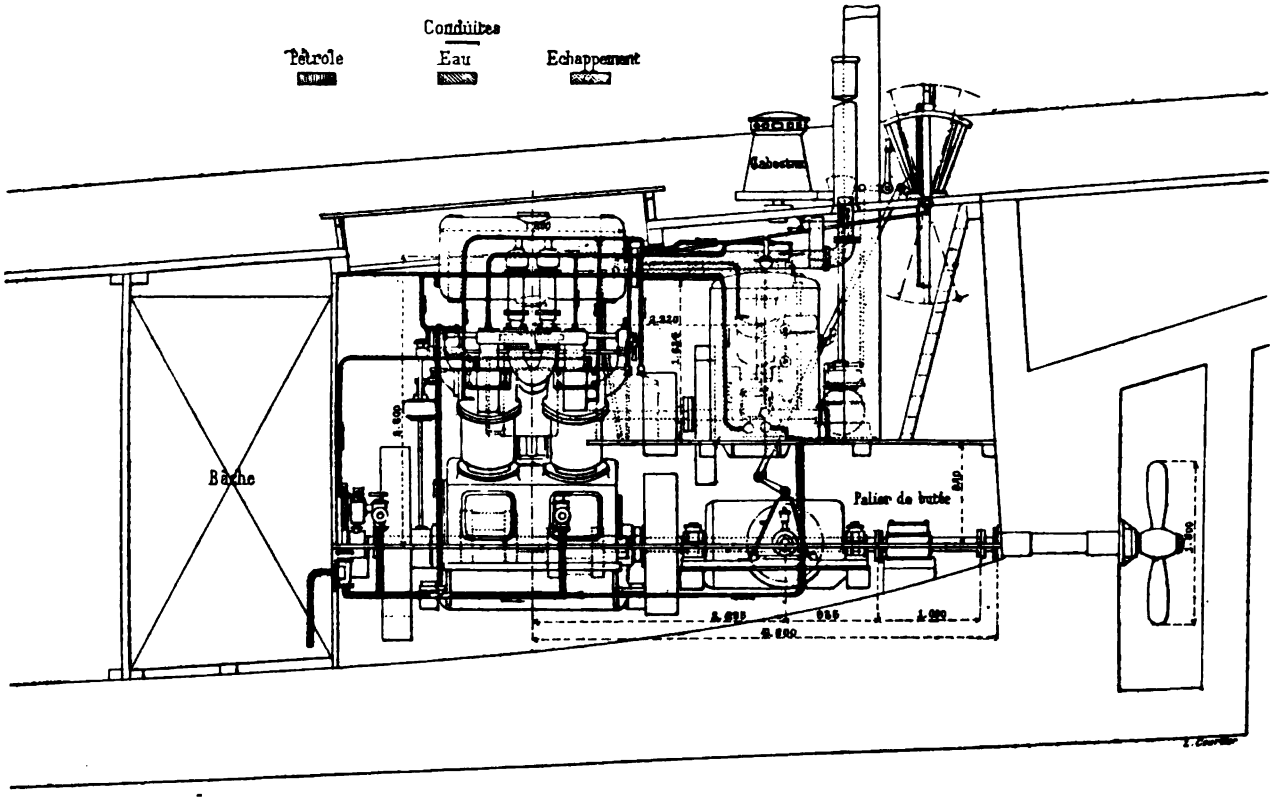


FIG. 7. — Détails de l'installation faite à bord du *Jean*. — Coupe.

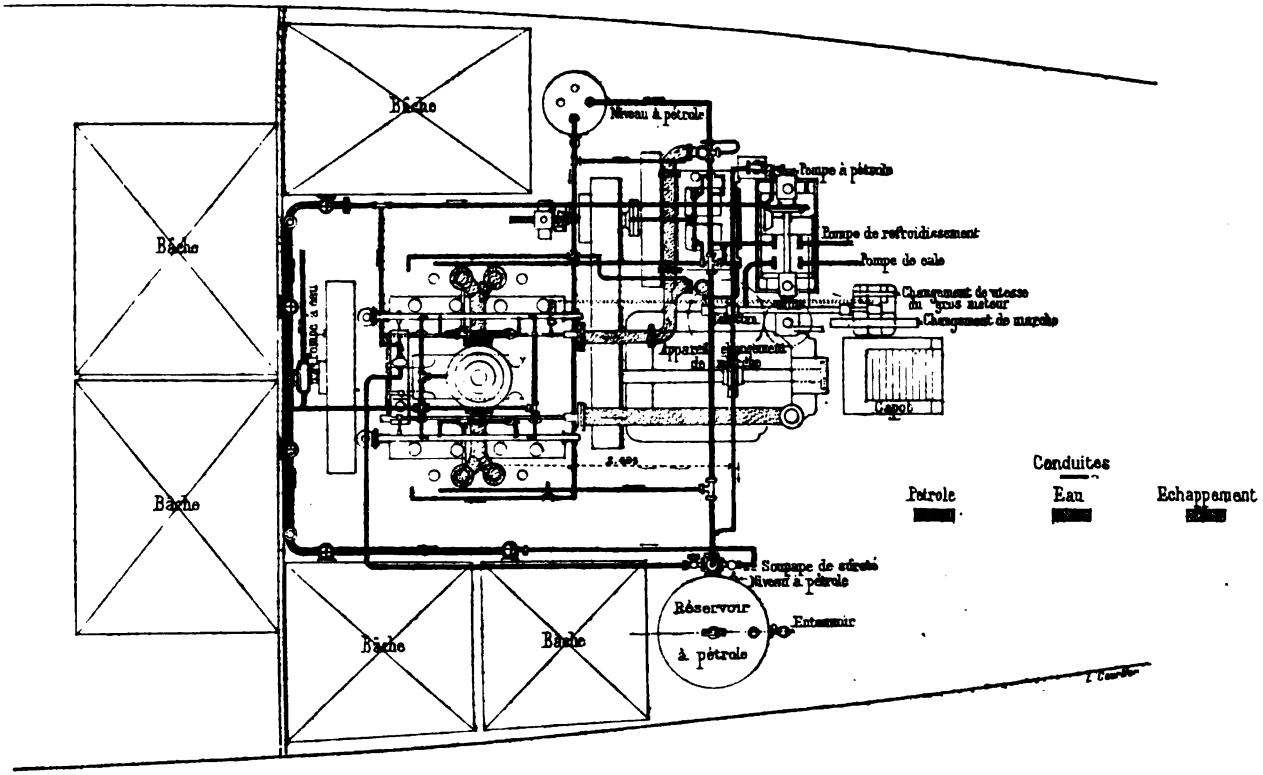


Fig. 8. — Détails de l'installation faite à bord du *Jean*. — Plan.

Le *Jean*, qui a été lancé l'année dernière, a les dimensions suivantes :

Longueur totale	36 *m*
Largeur.	8,16 *m*
Tirant d'eau arrière	4,35 *m*
Jauge brute	208,65 *tx*
Jauge nette	135,75 *tx*
Rapport . . $\frac{\text{Jauge nette}}{\text{Jauge brute}}$	2/3 jauge nette.

Il possède deux moteurs à pétrole, l'un de 40 *ch*, qui actionne le cabestan, l'autre de 200 *ch*, pour le propulseur auxiliaire.

Ces deux moteurs sont des moteurs *Duplex*, à quatre temps, marchant au pétrole lourd (800 à 825 *g* par litre). Le pétrole est admis pulvérisé par l'air aspiré dans une chambre chauffée à la fois par une lampe et par les gaz d'échappement. L'allumage du mélange se fait directement par un tube en nickel, maintenu incandescent par une lampe qui chauffe en même temps le fond du vaporisateur. Ce dernier se compose de deux chambres, une intérieure, dans laquelle se fait la vaporisation, l'autre extérieure, formant pour la première une enveloppe, dans laquelle circulent les gaz de l'échappement. La régulation de la vitesse s'obtient à la fois en agissant sur l'échappement (avance à l'échappement) et sur l'admission.

Les gaz brûlés, après avoir passé par le vaporisateur, se rendent dans un premier réservoir destiné à former, pour ainsi dire, volant de chaleur, et faire en sorte que le vaporisateur soit à la même température ; de là ils se rendent dans un pot d'échappement et sont ensuite évacués par la cheminée. La distribution du pétrole est très bien étudiée ; le pétrole est emmagasiné dans des réservoirs de dimensions convenables, que remplissent directement les wagons-citernes amenés sur les quais de Boulogne. De ceux-ci le pétrole est pompé et envoyé dans un premier réservoir de 1,5 m^3 de capacité, où il est maintenu sous pression (0,5 *kg*) ; ce réservoir sert à l'alimentation du moteur; un autre, de capacité plus petite, et où le pétrole èst maintenu également à la pression de 0,5 *kg* sert à l'alimentation des lampes. Le réglage de la pression intérieure se fait à l'aide d'une pompe à air.

La mise en marche du moteur de 200 *ch* est faite à l'air comprimé. Celui-ci est emmagasiné à la pression de 12 *kg* environ

dans un réservoir spécial, par le petit moteur. Enfin, une transmission par courroie réunit les deux moteurs, et permet de mettre en marche le moteur de 200 *ch* à l'aide du moteur de 20 *ch*.

L'hélice est a deux branches pouvant se mettre dans le plan de l'étambot et être enfermées dans leur logement au moyen de panneaux à glissières manœuvrés depuis le pont. Elle est actionnée directement par le moteur (qui fait 300 tours), pour la marche avant ; la marche arrière s'obtient au moyen d'une double paire d'engrenages coniques. Deux embrayages, système Villars et Bonnaffous, permettent d'actionner l'une ou l'autre de ces deux transmissions. Les changements de vitesse, en AV ou AR, s'obtiennent en agissant sur le régulateur du moteur.

Le moteur du cabestan est du même système que le précédent : il est à deux cylindres seulement et développe 40 *ch*. Il commande le cabestan au moyen d'une paire d'engrenages coniques, munis d'un embrayage à friction. Il commande également une pompe Arthémis , destinée à comprimer de l'air dans un réservoir pour servir, comme nous l'avons vu, à la mise en marche des moteurs ; enfin, il peut être couplé avec le grand moteur. Sa vitesse se règle en agissant sur le régulateur; elle peut aller de 100 à 350 tours.

Ce moteur a été construit *par une maison française*, la Compagnie des Moteurs *Duplex*, sur les indications de M. Altazin; son fonctionnement est parfait et donne la plus complète satisfaction.

Le *Jean* a pu réaliser 8 nœuds et demi de vitesse, et la consommation par cheval-heure n'a jamais dépassé 350 *gr*.

Il faut féliciter M^me^ Lemonnier et M. Émile Altazin de leur heureuse initiative. Ils ont apporté une démonstration du plus haut intérêt, prouvant tout l'avantage qui peut résulter, pour notre industrie française de la pêche maritime, de l'adoption des moteurs à pétrole à bord de nos voiliers. Espérons que leur exemple sera suivi.

S'il y a, dans cette nouvelle branche, pour les constructeurs français de moteurs à pétrole, un débouché peut-être supérieur à celui de l'automobilisme sur route, nous y voyons surtout une question d'avenir pour notre industrie de la pêche à voile, une solution de la crise économique dont se plaignent nos pêcheurs.

CHRONIQUE

N° 279.

Sommaire. — Locomotives à vapeur surchauffée. — Anciennes machines compound pour bateaux. — Production de l'acier au four électrique. — Transformation à la traction électrique des tramways de Saint-Pétersbourg. — Expériences relatives à l'aviation, par M. C. Canovetti.

Locomotives à vapeur surchauffée. — On sait que l'emploi de la vapeur surchauffée dans les locomotives commence à se répandre en Allemagne; il ne semble pas cependant que cette application puisse être considérée comme entièrement sortie encore de la période d'expérimentation, bien que cette expérimentation continue sur une échelle de plus en plus importante. On ne peut se dissimuler, en effet, que, si les avantages de la surchauffe ne sont guère contestables d'une manière absolue, le surchauffeur lui-même n'est peut-être pas jusqu'ici trouvé d'une manière définitive, pour les locomotives, la forme employée actuellement, et due à M. W. Schmidt, ne donnant pas encore, paraît-il, toute satisfaction. Il y a, d'ailleurs, croyons-nous, quelques réserves à faire quant à la manière dont la question de la surchauffe a été posée dès le début et l'est encore en Allemagne, ou plutôt sur les chemins de fer de l'État prussien. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce point.

L'emploi de la vapeur surchauffée sur les locomotives n'est pas absolument nouveau. A l'époque où la surchauffe a commencé à être envisagée comme une des améliorations les plus importantes à apporter aux machines à vapeur, on n'a pas manqué de proposer de l'introduire sur les locomotives et quand, il y a quarante ans environ, la surchauffe a pris un immense développement dans la marine, quelques applications en ont été faites sur les chemins de fer. Nous les avons indiquées dans la Chronique de mai 1892. Parmi ces applications, dont la plupart n'ont eu que le caractère de timides essais, il en est cependant une qui méritait plus qu'une simple mention et il nous paraît intéressant d'y revenir avec quelques détails.

En 1860, James Martin installa, dans les ateliers de Toronto, des surchauffeurs sur quelques locomotives du Grand Trunk R. R. du Canada. Ces surchauffeurs étaient au nombre de deux par machine. Chacun se composait d'un corps cylindrique de 0,40 *m* environ de diamètre sur 0,75 *m* de hauteur, contenant un certain nombre de tubes. Ces réservoirs étaient placés dans la boite à fumée, un de chaque côté dans une direction oblique par rapport à la verticale, la partie inférieure plus rapprochée de la plaque tubulaire que la partie supérieure. Cette partie supérieure était coiffée d'une sorte de capuchon en entonnoir formant boite à fumée et débouchant à la base de la cheminée. L'en-

veloppe cylindrique portait deux tubulures, la supérieure aboutissant à un tuyau venant du régulateur, et l'inférieure à un tuyau allant aux cylindres du même côté.

On conçoit que, sous l'effet de l'aspiration de la cheminée, les gaz des rangées inférieures de tubes de la chaudière fussent amenés à traverser les tubes du surchauffeur pour arriver à l'extérieur. L'inventeur invoquait, outre le bénéfice de la surchauffe, l'avantage de la régularisation du tirage et d'une amélioration du passage des gaz dans les rangées inférieures de tubes.

L'*Engineer*, 1861, volume II, page 200, auquel nous empruntons les détails qui précèdent, donne une vue des appareils et un tableau des résultats obtenus sur un certain nombre de locomotives à voyageurs et à marchandises du Grand Trunk R. R. Ces résultats ont été réalisés, autant que possible, sur les mêmes machines avant et après l'application des surchauffeurs. Ces résultats ne correspondent pas à la même année, ce qui introduit une certaine incertitude dans la comparaison, les conditions de service et surtout la qualité du combustible (bois) pouvant n'être pas identiques. Nous donnons ci-joint le tableau de ces résultats. Nous ignorons en quelle unité sont exprimées les consommations de bois, le journal anglais ne donne aucune indication à ce sujet, mais comme la comparaison seule offre de l'intérêt, cela n'a pas grand inconvénient.

SANS SURCHAUFFEURS				AVEC SURCHAUFFEURS			
Années	Numéros des locomotives	Wagons remorqués	Bois brûlé par mille	Années	Numéros des locomotives	Wagons remorqués	Bois brûlé par mille
			Machines à voyageurs.				
1860	199	5,4	2,66	1861	199	5,4	2,29
»	99	5,7	1,57	»	99	3,8	1,22
»	95	3,7	1,58	»	95	3,6	1,22
»	94	3,5	1,50	»	94	3,7	0,95
»	65	4,6	1,96	»	65	5,0	1,68
			Machines à marchandises.				
1860	158	12,4	2,58	1861	159	16,4	1,96
»	152	15,8	2,65	»	202	12,7	2,29
»	201	7,8	2,34	»	»	»	»

Il est dit dans l'article que les économies de combustible réalisées par l'emploi de la surchauffe se sont élevées à 20 et 30 0/0. Si on prend les chiffres du tableau, on voit que, dans les cas où les charges traînées ont été les mêmes, la surchauffe a donné un avantage de 19 et 23 0/0. Le premier nous paraît déjà fort, le second et, à plus forte raison, le

chiffre invoqué de 30 0/0 bien élevé. Il faudrait admettre, ce qui est d'ailleurs possible, que les proportions des chaudières fussent telles que la vaporisation fût défectueuse et que les gaz arrivassent dans la boîte à fumée avec une température trop élevée. Si cette situation défavorable coïncidait avec la production de vapeur très humide causée par une cause ou une autre, on conçoit que la présence des surchauffeurs agit en améliorant la production de vapeur de la chaudière, par un supplément de vaporisation, sans que la surchauffe proprement dite entrât pour une proportion bien notable dans l'économie réalisée en combustible.

Un modèle du surchauffeur Martin figurait à l'Exposition de Londres en 1862, et une note de l'inventeur disait que ses appareils étaient alors en usage sur une trentaine de locomotives du Grand Trunk R. R. A partir de ce moment, on ne trouve plus rien sur cet appareil, qui a dû être abandonné pour une raison ou pour une autre.

C'est le seul système qui ait, à notre connaissance, reçu une application sérieuse jusqu'à la reprise récente dont nous allons nous occuper. Nous ne parlons pas, bien entendu, des appareils de Petiet, installés sur un certain nombre de locomotives du chemin de fer du Nord, il y une quarantaine d'années et qui agissaient, en réalité, comme sécheurs et surtout comme réservoirs supplémentaires de vapeur.

Les surchauffeurs actuellement en usage en Allemagne, sont du système de M. W. Schmidt. On se rappelle qu'une locomotive munie de cet appareil et exposée par la maison Borsig, de Berlin, attira vivement l'attention à l'Exposition de 1900, dans l'annexe de Vincennes. Nous avons décrit très sommairement la disposition du surchauffeur dans la Chronique de septembre 1900, page 358; il nous paraît utile de revenir sur ce point.

Dans le bas du corps cylindrique est disposé, parallèlement aux tubes à fumée, un gros tube de 270 *mm* de diamètre et de 10 *mm* d'épaisseur, qui va du foyer à la boîte à fumée. Dans celle-ci, qui est renflée par rapport au corps cylindrique, est une enveloppe annulaire contenant soixante tubes de 30 *mm* de diamètre enroulés circulairement et formant trois rangées de vingt tubes chacune. Ces tubes ont leurs extrémités fixées dans des plaques formant la base de deux boîtes placées sur la boîte à fumée de chaque côté de la cheminée. Une seule de ces boîtes est divisée en deux parties par une cloison médiane dans le sens perpendiculaire à l'axe longitudinal de la chaudière; on conçoit que si une des parties de la boîte divisée communique avec la prise de vapeur et l'autre avec les boîtes à tiroir, la vapeur sortant de la chaudière parcourra trente tubes pour arriver à la boîte non divisée, d'où elle parcourra encore trente autres tubes pour arriver aux boîtes à tiroirs. L'enveloppe annulaire dont nous avons parlé est parcourue par les gaz chauds provenant du gros tube placé à la partie inférieure du corps cylindrique, et ces gaz chauds passent à la cheminée par des ouvertures pratiquées à la partie supérieure de l'enveloppe et munies de clapets manœuvrables à la main pour permettre de régler le passage des gaz chauds dans le surchauffeur. Le gros tube dont nous avons parlé prend la place d'une douzaine de tubes à fumée et réduit d'autant la surface

de chauffe, en même temps qu'il augmente un peu la section totale de passage des gaz.

Voici, d'ailleurs, les proportions principales de la chaudière de la locomotive exposée à Paris comparées avec celles de la chaudière normale :

	Chaudière à surchauffeur.	Chaudière normale.
Surface de grille.	1,27 m^2	1,27 m^2
Surface de chauffe directe	9,00	9.00
— tubulaire	99,50	109,00
— totale	108,50	118,00
Surface du surchauffeur	28,40	»

Au point de vue de la thermodynamique pure, la surchauffe présenterait l'avantage de pouvoir accroitre le rendement théorique $\frac{T - T'}{T}$ en augmentant T, température de la vapeur à l'entrée de la machine, sans entrainer l'énorme augmentation de pression qu'on aurait avec la vapeur saturée à cette même température T et sans accroitre le quantité de chaleur latente. Mais il faut expliquer comment l'accroissement de température donné à la vapeur, sans qu'elle change de pression et au moyen d'une quantité relativement faible de calorique, peut produire des résultats avantageux. Voici les effets qu'on invoque, en pratique, en faveur de l'emploi de la vapeur surchauffée :

1° Suppression dans la vapeur de la présence d'eau liquide en suspension, laquelle a une influence désavantageuse au point de vue économique ;

2° Atténuation plus ou moins considérable des condensations intérieures à l'admission, par le réchauffement des parois des cylindres et pistons, sans production d'un dépôt liquide sur ces parois, ce qui a lieu avec la vapeur saturée, bien que sèche ;

3° Augmentation de volume d'un même poids de vapeur, obtenu avec une faible quantité de chaleur, produisant un travail plus considérable qu'avec le même poids de vapeur saturée ;

4° Diminution du frottement de la vapeur dans les conduits et orifices, par suite de la plus faible densité de la vapeur surchauffée et de l'absence d'eau en suspension.

Sans vouloir traiter ici la question de la vapeur surchauffée d'une manière générale, nous croyons devoir présenter quelques observations. La quantité de chaleur représentée par le surchauffage de la vapeur est une quantité finie ; elle est égale à une demi-calorie en nombre rond (exactement 0,48) par unité de poids de la vapeur et par degré de différence entre les températures de la vapeur surchauffée et saturée. Cette quantité, assez faible en réalité, ne peut suffire simultanément à tous les objets indiqués plus haut, ou tout au moins, elle ne pourra y suffire que partiellement. Par exemple, si le calorique contenu dans la vapeur surchauffée est employé totalement dès l'entrée au cylindre à chauffer les parois, la vapeur cessera d'être surchauffée et, dès lors, n'étant plus

que de la vapeur saturée, ne présentera plus l'avantage indiqué en 3 et 4.

Il est vrai qu'on fait intervenir ici la très faible conductibilité de la vapeur et que certains auteurs admettent avec Hirn que la vapeur peut présenter simultanément divers états, être saturée ou même condensée au contact des parois et rester surchauffée au centre, hypothèse bien difficile à admettre en pratique. Quoi qu'il en soit, il ne sera employé à chacun des effets ci-dessus mentionnés qu'une portion du calorique total, et il paraît peu judicieux d'invoquer simultanément les quatre avantages que nous avons indiqués. De même, on peut admettre que, si la vapeur surchauffée donne lieu à des frottements plus faibles dans les passages, elle sera par là même plus sujette à fuir par les interstices des pistons et des tiroirs, ce qui est admis par divers auteurs.

Nous pensons que l'avantage réel de la surchauffe est dans son effet pour prévenir ou du moins atténuer les condensations à l'admission, et cet avantage est assez grand pour justifier, en principe, l'emploi de ce progrès dans les locomotives. Nous ferons remarquer, d'ailleurs que, probablement pour la raison que nous venons d'indiquer, plusieurs de ceux qui ont écrit sur la surchauffe se bornent à signaler cet avantage et passent sous silence l'augmentation de volume amenée par la surchauffe de la vapeur. De même, il ne faut pas s'exagérer l'avantage de la suppression de l'eau en suspension dont la proportion, pour des chaudières bien proportionnées et bien conduites, est en réalité toujours très faible.

Il est bien entendu que nous ne nous occupons ici que des machines à mouvement alternatif, genre auquel appartiennent les locomotives. Dans les turbines à vapeur, au contraire, où il n'y a pas d'alternatives de différences de température et, par suite, pas de condensations initiales à prévenir, la vapeur surchauffée agit favorablement par les effets indiqués plus haut sous les titres 3 et 4.

Notre Collègue, M. E. Bruckmann, a traité avec quelques développements la question de la vapeur surchauffée dans le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* 1901, pages 1663 et suivantes, à l'occasion de ses études sur les locomotives exposées à Paris en 1900. Nous résumons ici les considérations présentées par lui.

Au point de vue théorique, l'auteur recherche d'abord les avantages de la vapeur surchauffée basés sur l'augmentation de volume que la chaleur de surchauffe fait réaliser au poids de vapeur saturée sorti de la chaudière. En prenant de la vapeur à 12 *atm* de pression dont la température est de 190° 6 C., une surchauffe portée à la température de 320 degrés, donne un accroissement de volume de 17,08 0/0 et une augmentation théorique égale d'effet utile.

Mais si on tient compte de la plus grande quantité de chaleur contenue dans la vapeur surchauffée on trouve que, pour la même quantité de chaleur, l'avantage se réduit à 14,6 0/0.

Nous devons faire remarquer ici que M. Bruckmann prend pour valeur de la chaleur spécifique de la vapeur, 0,475, chiffre de Gay-Lussac; on emploie généralement le chiffre donné par Regnault 0,48; toutefois, on voit quelquefois employé celui de 0,485 et nous rappellerons qu'à la suite d'expériences faites tout récemment à Stuttgart (Chronique de

juillet 1902, page 143) M. C. Bach, estime que les chiffres précédents sont trop bas et que le coefficient de 0,60 serait plus exact.

M. Bruckmann donne le tableau ci-dessous pour diverses pressions et diverses températures de surchauffe.

TEMPÉRATURE de la VAPEUR SURCHAUFFÉE	PRESSION EFFECTIVE EN ATMOSPHÈRES			
	8	10	12	14
	ÉCONOMIE 0/0			
T = 200	3,7	2,4	1,3	0,4
240	8,6	7,8	6,3	5,5
280	12,9	11,5	10,3	9,0
320	16,6	15,5	14,6	13,7
360	19,8	18,8	18,0	17,1
Température de la vapeur saturée . .	174,4	183,0	190,6	197,2
Chaleur contenue dans la vapeur saturée	659,7	662,3	664,6	666,7

On voit sur ce tableau que le maximum d'avantage réalisé approche de 20 0/0 avec de la vapeur à 8 *atm* portée à une température de 360 degrés. Il ne faut pas oublier d'ailleurs que ces indications sont purement théoriques et que ce n'est pas dans cet ordre d'idées, comme le fait observer l'auteur, qu'on doit rechercher les avantages de la vapeur surchauffée dans les machines dont nous nous occupons.

Avec la pression de 12 *atm* et la température de surchauffe de 320 degrés employées sur la locomotive exposée, la chaleur de surchauffe ressort à 0,475 (320 — 190,6) soit 61,50 calories par kilogramme; comme la vapeur saturée à la même pression en contenait déjà 664,6, la surchauffe nécessite une addition de chaleur de 9,25 0/0.

Nous pouvons voir de suite s'il est possible d'opérer dans les locomotives la surchauffe de la vapeur par les gaz perdus, comme on le fait dans d'autres machines. Si on se reporte à des expériences faites par la direction d'Erfurt, des chemins de fer de l'État Prussien, sur des locomotives à simple et à double expansion, et rapportées dans un travail de M. Lochner, inséré dans l'*Organ* de 1894, pages 109 à 118, on trouve que, à des vitesses de 90 *km* à l'heure, avec des dépressions à la boite à fumée de 75 à 100 *mm* d'eau, la température des gaz chauds sortant des tubes ne dépasse pas 315 degrés. La température dans la boite à feu étant estimée à 1 290 degrés, le rendement de la chaudière est de $100 \times \frac{1\,290 - 315}{1\,290} = 75{,}6$ 0/0. Il ne resterait donc que 100 — 75,6 = 14,4 0/0 de chaleur disponible pour la surchauffe. Il n'y a pas lieu d'examiner si cette quantité de chaleur est suffisante, car la température de 315 degrés est inférieure à celle qu'on se propose d'atteindre

pour la vapeur surchauffée; on ne saurait donc s'étonner si M. Schmidt a cru devoir recourir à une prise directe de gaz du foyer pour la surchauffe. *(A suivre.)*

Anciennes machines compound pour bateaux. — Nous avons déjà eu occasion de parler des remorqueurs avec machines compound, construits il y a plus d'un demi-siècle, par Roentgen, de Rotterdam, pour le Volga. Notre éminent Collègue, M. J. Kraft de la Saulx, Ingénieur en chef de la Société Cockerill, avait bien voulu nous fournir les renseignements que nous avons donnés sur ces constructions remarquables dans les Chroniques de juin 1890 et décembre 1900, renseignements recueillis par lui *de visu* au cours d'un voyage en Russie.

M. Kraft nous a communiqué depuis la traduction d'un article paru sous la signature S. Gintzburg, dans le *Messager de Nijni-Novgorod pour la Navigation à vapeur et l'Industrie*, journal technique mensuel de la section de Nijni-Novgorod, de la Société Impériale technique. Cet article, contenu dans le numéro du 4 avril 1891, a pour titre : *Les premières machines compound sur le fleuve Volga.*

Bien que le fond de la question soit déjà connu de nos Collègues par les notes auxquelles nous avons fait allusion et que cet article soit postérieur à celui que nous avons publié en juin 1890, il nous paraît intéressant de le reproduire avec le dessin qui l'accompagne, parce qu'il contient des détails plus complets et des particularités qui ne figurent pas dans ces notes.

Le premier numéro du journal : *Recueil technique et Messager de l'Industrie* pour l'année courante, contient l'article de M. Panoff intitulé : *Machines avec détente multiple de la vapeur.*

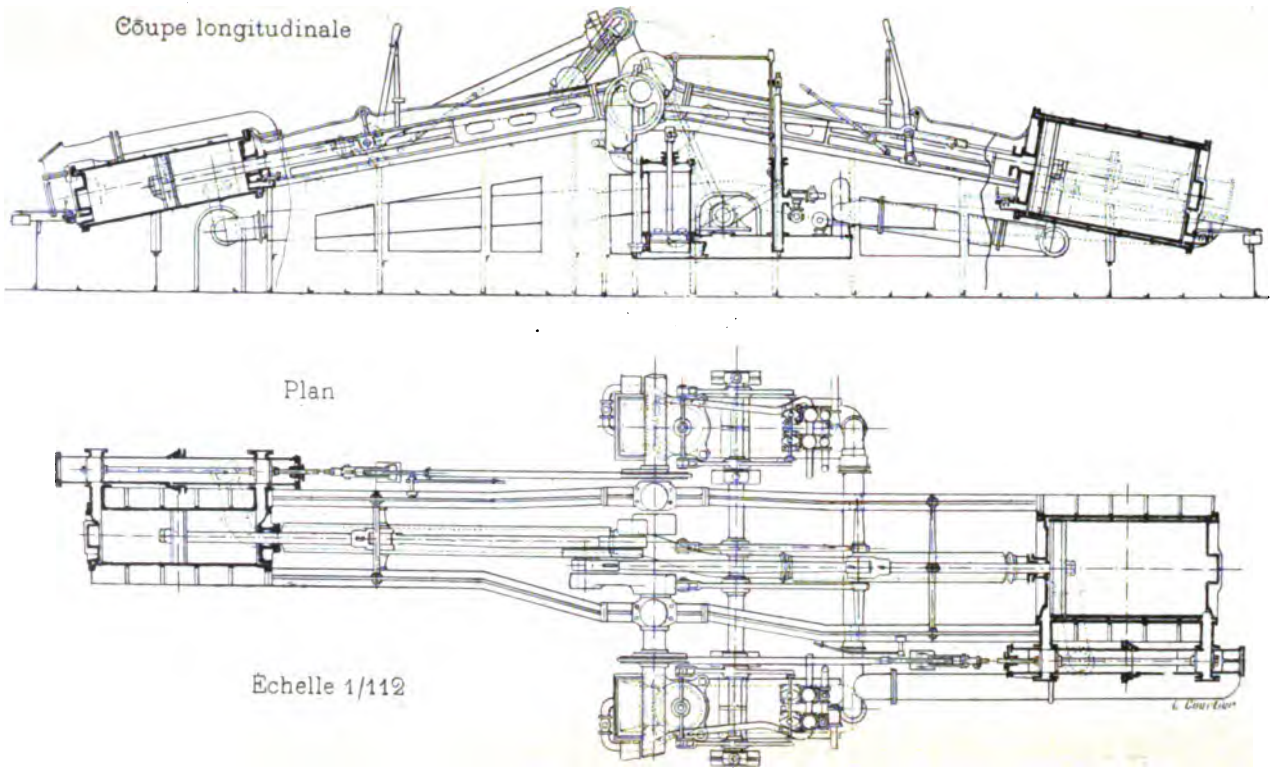
Cet article traite du rapport de l'Ingénieur A. Mallet au Congrès international de Mécanique appliquée à Paris, contenant les données historiques sur l'application des machines du système compound, et l'on y rappelle la communication de M. Tideman, Ingénieur en chef de la marine néerlandaise, sur les premiers bateaux à vapeur avec machines compound construites par les usines de Fyenoord, près Rotterdam, dans la première moitié du dix-neuvième siècle, pour les Compagnies de navigation à vapeur du Danube et de l'Elbe.

Comme complément à la communication de M. Tideman, je puis ajouter que, sur le Volga, il y a trois remorqueurs, le *Volga*, l'*Hercule* et le *Samson*, appartenant à la Société de navigation à vapeur sur le Volga, société qui existe depuis 1843.

Ces bateaux à vapeur, ainsi qu'il est indiqué sur leurs permis de navigation, ont été construits par les usines de Fyenoord, à Rotterdam, le premier en 1846 et les deux autres en 1847. De plus, les bâtis des machines portent, venues de fonte, les inscriptions suivantes : « Matschappy Fyenoord Nederlandsche Stoomboot ».

Les trois vapeurs mentionnés ci-dessus portent des machines du système compound. Les cylindres à vapeur se font vis-à-vis et sont réunis par un tuyau formant receiver. Les boutons de manivelles sont reliés entre eux par une menotte comme l'indique le dessin ci-joint. Sans aucun doute, ces vapeurs font partie de la série des seize bateaux avec

MACHINE COMPOUND DU STEAMER " HERCULE " (1846)



machines compound qui ont été mentionnés dans la *Revue Industrielle* du 12 mars 1879 et qui ont été construits par Roentgen (1). Les dimensions principales des coques et des machines sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

BATEAUX	LONGUEUR	LARGEUR	CREUX	DIAMÈTRE DES CYLINDRES		COURSE du PISTON
				H. P.	B. P.	
	m	*m*	*m*	*m*	*m*	*m*
Volga . . .	64,65	8,70	2,75	0,635	1,270	2,135
Samson . .	70,15	9,75	2,95	0,762	1,524	2,135
Hercule . .	70,15	9,75	2,95	0,787	1,524	2,135

Nous avons mis en mesure métriques les dimensions, qui sont mesures anglaises dans l'original.

Sur le vapeur *Hercule*, on a, il y a quelques années, placé à l'intérieur du grand cylindre, une chemise qui réduit le diamètre à 1,40 *m*. Cette chemise est indiquée sur la figure qui représente la machine de ce bateau.

La distribution de la vapeur se fait au moyen de tiroirs cylindriques actionnés par un seul excentrique servant pour la marche en avant et et pour la marche en arrière. Cet excentrique n'est pas calé sur l'arbre des roues et est entrainé par un toc fixé sur cet arbre. L'excentrique est équilibré par un disque formant contrepoids et portant des buttoirs correspondant au toc et séparés par un angle de $180^\circ - 2d$, d étant l'angle d'avance de l'excentrique.

Pour renverser la marche de la machine d'avant en arrière, on sépare la barre d'excentrique de la tige du tiroir en agissant sur une pédale et, au moyen du levier à main, on change la position du tiroir de façon à mettre la machine en mouvement en sens inverse de la marche primitive. Le buttoir de l'excentrique en contact avec le toc de l'arbre s'en sépare et l'arbre tourne jusqu'à ce que le toc rencontre l'autre buttoir et entraine l'excentrique dans sa marche. A ce moment, on embraye la barre d'excentrique avec le bouton porté par la tige du tiroir (2).

A l'origine, ces vapeurs avaient deux cheminées. Chacun portait six chaudières à deux étages, disposées trois à l'avant et trois à l'arrière des machines. Plus tard, on a remplacé ces chaudières par de nouvelles à flamme directe, marchant à la pression de 5 *atm*, construites

(1) Il y a là une erreur. Ces bateaux ne peuvent faire partie de la liste en question donnée par nous, puisque cette liste s'arrête à 1842 et qu'ils n'ont été faits qu'en 1846-47. Ils figurent sur le registre manuscrit de M. Wolfson, ancien directeur des ateliers de Fyenoord, registre communiqué par M. D. Croll, directeur actuel, à notre Collègue, M. Walter Pearse, qui l'a mentionné dans l'*Engineer*, au cours de ses articles de 1891.

(2) C'est le système ordinaire de changement de marche employé à peu près exclusivement pour les machines actionnant des roues à aubes depuis l'origine jusque vers 1860.

par la maison Ravenhill et Salkeld, de Londres; il y avait trois de ces chaudières sur chaque bateau.

L'année courante, on a construit encore de nouvelles chaudières pour ces bateaux, à l'usine de « l'héritier de Kourbatoff »; ces générateurs sont à retour de flamme, munis de tous les appareils pour le chauffage au naphte et établis pour fonctionner à la pression de 8 *atm*; il y a quatre chaudières par bateau.

De plus, la même usine a construit pour le steamer *Hercule* de nouvelles roues à aubes articulées à onze aubes par roue, en remplacement des anciennes roues à seize aubes fixes.

On peut dire, tout à l'honneur du constructeur de ces bateaux, que ce sont encore à l'heure actuelle les meilleurs et les plus puissants qui existent sur le Volga. En remorquant contre le courant une barque de 100 000 pouds (1 600 *t*) de chargement, les machines font 28 à 30 tours par minute, ce qui correspond à une vitesse de piston de 7 pieds ou 2,135 *m* par seconde.

Il n'y a presque aucun des navires à roues du Volga sur lequel on observe une vitesse aussi considérable. Malgré l'ancienneté de ces bateaux, leurs machines sont restées sans modification et n'ont même jamais eu besoin d'être réparées à fond.

Ces appareils ont servi de modèle à toute une série de machines marines construites par les ateliers Haks, à Koungour. Cette usine a construit à partir de 1860, environ 120 machines, tant pour remorqueurs que pour bateaux à passagers. La plupart appartenaient au système compound avec cylindres placés vis-à-vis l'un de l'autre avec les manivelles reliées par une menotte ou par un bouton commun, la distribution en étant modifiée.

Outre ce type, l'usine Haks a construit aussi des machines à cylindres oscillants du type Penn et des machines d'un type mixte comportant un cylindre oscillant et un cylindre fixe agissant sur la même manivelle (1).

(A suivre.)

Production de l'acier au four électrique. — L'*Iron Age* donne un extrait, d'après l'*Electrotechnische Anzeiger*, d'un rapport lu par le docteur Hans Goldschmidt, d'Essen, à une réunion récente de la Société Electrotechnique Allemande, à Cologne, sur le procédé Stassano, qui est installé à Darfo, petit village au nord du lac d'Iseo, dans la haute Italie. M. Goldschmidt a été envoyé par l'Office impérial des patentes, à Berlin, pour étudier les procédés du capitaine Stassano, et constater s'il était possible, par ces procédés, d'obtenir du fer contenant moins de 2 0/0 de carbone.

Le procédé Stassano consiste dans la réduction directe du minerai de fer par le charbon en présence et sous l'action d'un arc électrique formé au-dessus de la matière et dans la séparation simultanée des impuretés par l'addition d'agents convenablement choisis et en proportions réglées.

Le four est en briques; il a 1 *m* de côté dans chaque sens. Les cotes sont garnies de blocs de magnésie. Les électrodes sont constituées par

(1) Ce système paraît avoir été employé pour la première fois par Benjamin Normand, vers 1865. Nous en avons parlé dans la Chronique de juin 1896, page 889.

deux énormes pièces de charbon placées chacune dans un des murs opposés. La distance entre les deux pôles peut être réglée par ce mécanisme.

Au début de l'opération, les charbons sont placés très près l'un de l'autre et l'arc électrique formé est très petit. mais, à mesure que l'opération avance, on les éloigne jusqu'à ce que la distance atteigne toute la largeur du four, ce qui donne un sifflement formidable.

On emploie un courant alternatif de 2 000 ampères et 170 volts fourni par deux dynamos de 500 *ch* chacune et une troisième de 100 *ch*, toutes actionnées par une chute d'eau.

Dans une des opérations faites en présence du Dr Goldschmidt, la charge se composait de 100 *kg* de minerai de fer, de 23 *kg* de charbon de bois et de 12,5 *kg* de castine. L'analyse chimique, faite par le Dr Goldschmidt, a donné les compositions suivantes pour les diverses matières employées :

Minerai. — Sesquioxyde de fer 93,02 ; protoxyde de manganèse 0,619 ; silice 3,79 ; soufre 0,058 ; chaux et magnésie 0,5, eau 1,72, total 100.

Castine. — Chaux 51,21 ; magnésie, 3,11 ; alumine et oxyde de fer 0,5 ; silice 0,9 et acide carbonique 43,43. total 100.

Charbon. — Carbone 90,42 ; cendres 3,88 et humidité 5,70, total 100.

On ajoute à ces matières un mélange de 59,2 0/0 de carbone, 40,5 d'hydrocarbures et 0,27 de cendres.

L'analyse du métal obtenu a donné les résultats suivants :

Fer	99,764 0/0
Manganes	0,092
Silicium	néant
Soufre	0,059
Phosphore	0,009
Carbone	0,090
	100,014 0/0

Dans une autre opération, on se servit d'un autre four un peu plus petit et d'un courant de 1 000 ampères et 80 volts. La charge consistait en 70,25 *kg* d'un mélange ainsi composé : 1 000 parties de minerai, 125 de chaux, 160 de charbon et 120 du mélange indiqué précédemment.

L'opération dura 2 heures. On commença le chargement à 8 h. 15 m. et on fit passer immédiatement le courant ; à 9 h. 15 m., le chargement était terminé et le courant avait été réglé de telle sorte que. 20 minutes après le commencement de l'opération, le courant avait un potentiel de 80 volts et accusait 800 ampères. Après 20 autres minutes, on avait 100 volts et 1 000 ampères, on conserva cette allure pendant 30 minutes, pour descendre après à 70 volts et 600 ampères et, après 30 autres minutes à 50 volts et 500 ampères. Pendant les 20 dernières minutes, on eut 100 volts et 1 000 ampères. L'énergie totale employée s'éleva ainsi à 7 290 000 volt-ampères-minutes, ou 972 000 watt-heures, ou 132,27 chevaux-heures.

Le résultat de l'opération est donné par les chiffres suivants :

Matières	Employées	Produites
Fer	32 557 280	30 727 312
Manganèse	239 745	28 336
Silicium	910 448	traces
Soufre	29 000	15 172
Phosphore	28 000	2 772

Dans les deux cas, le fer obtenu est d'une remarquable pureté. Ce fait a été constaté par d'autres analyses faites par M. Goldschmidt sur divers échantillons de métal obtenus à l'usine de Darfo. Nous mettons les résultats de ces analyses sous forme de tableau. L'échantillon n° 6 est de l'acier au chrome.

Échantillons	1	2	3	4	5	6
	%	%	%	%	%	%
Carbone	0,04	0,04	0,17	0,09	0,77	1,51
Manganèse	0,05	0,12	0,07	0,18	0,65	0,26
Silicium	—	—	traces	traces	—	—
Soufre	—	—	0,05	—	0,04	—
Phosphore	—	—	0,29	—	—	—
Chrome	—	—	—	—	—	1,22

La pureté du métal obtenu est due, en premier lieu, à la nature des minerais de provenance italienne employés et, en second lieu, à l'addition d'agents propres à éliminer à peu près complètement le silicium et en grande partie le soufre et le phosphore.

Sans entrer dans les détails de nature thermo-chimique dans lesquels entre le Dr Goldschmidt au sujet du procédé Stassano, il suffira de dire que, d'après ses calculs, la puissance électrique nécessaire pour la marche du four revient à 0,0057 *f* par cheval-heure par tonne de fer ; comme il faut 3 364 chevaux-heures pour produire une tonne de fer, la dépense de courant s'élève à 19,17 *f* par tonne de métal produit. Pour une installation employant 5 000 *ch* avec un rendement de 66,2 % et produisant 30 tonnes d'acier par 24 heures, la dépense totale par tonne de métal peut s'estimer comme suit :

Minerai 1 600 *kg* à 15 *f* la tonne	24, » *f*
Pulvérisation du minerai 3 *f* la tonne	4,80
Castine 200 *kg* à 5 *f* la tonne	1, »
Coke 250 *kg* à 45 *f* la tonne	11,25
Broyage du coke à 2 *f* la tonne	0,50
Mélange 190 *kg* à 70 *f* la tonne	13,30
Façon du mélange	6,75
Electrodes 12 *kg* à 0,30 le kilog	3,60
Entretien du four	12, »
Main-d'œuvre	6, »
Ustensiles	3, »
Energie électrique 4 000 chevaux-heures à 0,005	22,80
Frais généraux	3, »
Total	112, »
A déduire 900 m^3 de gaz combustibles à 2 centimes	18, »
Prix de revient de 1 000 *kg*	94, » *f*

Si même on considérait le chiffre porté pour les frais généraux comme insuffisant, il n'en résulterait pas moins de ce qui précède que le procédé Stassano est susceptible de donner d'excellents résultats dans des pays où on peut avoir des minerais très purs, la force hydraulique à bon marché et où le charbon doit être importé à grands frais. En dehors de l'Italie, le Chili est dans ce cas, et lorsque le Dr Goldschmidt était à Darfo, il s'y est rencontré avec notre collègue, M. Vattier, envoyé par le Gouvernement Chilien pour étudier le procédé Stassano.

Si, d'après ce qui précède, il semble bien que le procédé dont nous nous occupons ait passé la première période d'expérimentation et doive appeler la plus sérieuse attention des maîtres de forges, il y a encore, d'après M. Goldschmidt, beaucoup d'argent à dépenser pour arriver à pouvoir exploiter le procédé au point de vue commercial. On a dépensé jusqu'ici environ un million de francs avant d'avoir pu arriver à produire sur une échelle assez grande, bien qu'on doive faire remarquer qu'une partie de ces dépenses a été causée par le fait que M. Stassano n'ayant point à sa disposition d'assistance technique suffisante, a dû s'occuper lui-même des questions mécaniques, chimiques, électriques, etc.

Dans la discussion qui a suivi la lecture du rapport de M. Goldschmidt, on a exprimé l'opinion que l'emploi du coke (le coke figurant dans le tableau ci-dessus du prix de revient) ne convenait pas, parce que ce combustible introduit de nouvelles impuretés et peut nuire par conséquent à la pureté du métal obtenu. Le Dr Goldschmidt a admis l'objection et donné à entendre que le mot coke pouvait provenir d'une erreur de traduction. Il a été également indiqué que l'idée d'extraire directement le fer du minerai n'était pas revendiquée par M. Stassano, cette idée ayant été depuis longtemps indiquée par divers métallurgistes.

Transformation à la traction électrique des tramways de Saint-Pétersbourg. — M. L. Journolleau veut bien nous communiquer l'intéressante note suivante :

On sait que les tramways de Saint-Pétersbourg appartenaient anciennement à deux compagnies privées — la première appartenant à M. Dupont, ancien Consul général de Suisse, comprenait les trois lignes de la Perspective Newsky, Sadovaya et Wassily-Ostrow ; aux termes de la concession, elle passa à la Ville en 1898.

La seconde société soutint, pendant une dizaine d'années, un procès retentissant contre la Ville, qui, en dernière instance, eut gain de cause.

Propriétaire d'un important réseau de plus de 100 *km*, la Municipalité se préoccupe depuis longtemps de transformer la traction animale, très défectueuse, en traction mécanique. C'est la traction électrique, vu les excellents résultats d'exploitation obtenus tant à l'étranger que dans certaines villes russes, qui fut définitivement adoptée. Une commission spéciale, instituée à cet effet et présidée par M. Kedrine, reçut une allocation de 25 000 roubles pour frais d'études. Une transformation partielle du réseau, portant sur les trois premières lignes ayant fait retour à la ville, fut décidée et un crédit correspondant de 3 millions de roubles voté.

La Commission vient de soumettre à l'approbation du Conseil Muni-

cipal son rapport comprenant les devis et projets d'exécution détaillés et définitifs. Il prévoit, une fois les trois premières lignes livrées à la circulation, l'application progressive de la traction électrique à toute l'étendue du réseau.

Le cahier des charges impose le système à trolley aérien avec traverses en bois tolérées seulement dans les faubourgs, tandis que toute l'infrastructure du réseau central devra être exécutée en béton convenablement armé. Les rails adoptés seront du système Phénix (180 millimètres de hauteur sur 140 d'embase), et, exceptionnellement dans les faubourgs, du type courant Vignole.

L'énergie électrique nécessaire aux trois premières lignes sera empruntée aux stations d'éclairage existantes. Dans le jardin Alexandre attenant à l'Amirauté, une seule sous-station, destinée à la transformation du courant alternatif à haute tension en courant continu, sera édifiée.

Ultérieurement, et dans le cas seulement où une entente avantageuse avec les sociétés d'éclairage actuelles n'arriverait pas à se faire, il serait créé de nouvelles stations centrales en nombre suffisant et destinées spécialement aux besoins de la traction des tramways. Comme bien on le pense, les clauses du cahier des charges insistent sur les précautions obligatoires destinées à supprimer l'influence nuisible sur les conduites souterraines de toute sorte des courants de retour ; des soudures électriques devront former joints parfaits entre les rails, et des câbles spéciaux suffisamment isolés assureront le retour des courants aux usines.

Au début, le matériel roulant sera constitué par 55 voitures sur bogies à 52 places, 1re et 2e classes. Des compartiments couverts à l'avant et à l'arrière, réunis par une plate-forme intermédiaire, constituent le type adopté pour ces voitures.

Le parc de La Ligowska, près de la gare Nicolas, subira des agrandissements, afin de ménager des abris pour les voitures motrices. La Commission présente un devis de 2 800 000 R., dépassant d'un million les crédits affectés, puisque la récente transformation par la Société allemande Helios de l'éclairage électrique de la Newsky et Morskaya a absorbé 200 000 R.

Il est question de se procurer ce million par voie d'émission, à moins qu'on ne le prélève sur les ressources ordinaires des tramways de Saint-Pétersbourg.

Dans le cas cependant où la Ville renoncerait, momentanément du moins, à son projet de prolongement des lignes de la Sadovaya et Wassily-Ostrow, il en résulterait une réduction dans les dépenses de 400 000 R. pour les tramways proprement dits et 100 000 dans les travaux de réfection de ponts. Cette éventualité porterait à 500 000 R. seulement le crédit supplémentaire indispensable à la réalisation du projet; cette somme pourrait être prélevée, sans grand inconvénient, sur les revenus courants de l'exploitation actuelle et c'est sans doute cette dernière résolution qui sera prise par le Conseil Municipal pétersbourgeois.

Expériences relatives à l'aviation par M. C. Canovetti. — On sait que notre collègue, M. C. Canovetti, a présenté à la Société, dans la séance du 6 mars dernier, une communication relative à ses recherches

et expériences sur la résistance de l'air. Le compte rendu, forcément très abrégé, de la séance ne donnant pas des détails suffisamment développés pour faire apprécier l'intérêt et l'étendue du travail de M. Canovetti, et le mémoire de notre collègue n'ayant pu être reproduit *in extenso* dans le Bulletin, M. le Président a bien voulu nous charger de faire et d'insérer ici un résumé du travail de l'auteur.

Les recherches dont il s'agit ont pour objet d'élucider certains points relatifs à la résistance de l'air, au point de vue de la question de l'aviation. M. Canovetti a opéré sur des surfaces assez considérables, plus de 1 mètre, auxquelles il donnait des vitesses de translation variables et mesurables avec une assez grande précision. L'appareil employé par notre collègue se composait d'un fil de cuivre tendu et partant d'un escarpement qui permettait de réaliser, sur une distance de 380 mètres, une différence de niveau d'environ 70 mètres. Sur ce fil roulait un châssis très léger, monté sur deux roues à gorge en aluminium. Les plans inclinés constituant l'aéroplane étaient faits de toile tendue sur un chariot avec l'aide d'un dispositif très simple, permettant de soulever une des extrémités, de manière à faire varier l'angle formé par le plan avec la direction du fil tendu. Le chariot est lesté par des contrepoids qui ramènent le centre de gravité au-dessous du point d'appui, de manière à le rendre stable sur le chemin de roulement. Des jalons, disposés sur le sol au-dessous du fil à des distances égales, permettent d'apprécier avec une précision suffisante les distances parcourues par le chariot et, avec l'observation simultanée des temps écoulés, de connaître les vitesses successives acquises par le mobile.

L'auteur a cherché à remplacer les contrepoids de lestage, dont il vient d'être question et qui étaient gênants et difficiles à installer, par des surfaces portantes, reliées à l'appareil par des tiges filetées avec écrous de tension. Cette solution présentait également des difficultés de réalisation au point de vue pratique. Plusieurs dispositions ont été employées.

Des expériences préliminaires ont été faites pour déterminer la résistance au roulement du chariot sur le fil qui lui servait de chemin, puis la résistance par frottement sur l'air du plan établi parallèlement à la direction du fil et la résistance de l'air contre la tranche du plan.

La question intéressante au point de vue du fonctionnement de l'aéroplane est le soulèvement de l'appareil, lequel se produit lorsque la sous-pression exercée par l'air sous une vitesse suffisante arrive à équilibrer et au delà le poids de l'appareil ; l'angle d'incidence intervient naturellement dans ce phénomène. Sans insister plus qu'il ne convient sur les détails, nous dirons que des nombreuses expériences faites par lui, l'auteur a extrait celles où le soulèvement s'est effectué et en a condensé les conditions dans un tableau que nous simplifions un peu pour le faire tenir dans le cadre de ce résumé. Nous devons dire que de ces expériences quelques-unes ont été faites avec le plan équilibré par des contrepoids, les autres avec l'équilibre réalisé par des queues ; il y a donc une distinction à faire, c'est ce qui explique les deux colonnes de surfaces, l'une pour la surface totale, l'autre pour la surface résistante qui était la même pour toutes les expériences. La première expérience

N° DE L'ESSAI	DÉSIGNATION DU FIL	FORME DE L'AÉROPLANE	SURFACE TOTALE S	SURFACE RÉSISTANTE s	ANGLE DE LA SURFACE avec la DIRECTION DU MOUVEMENT	POIDS P EN KILOGRAMMES kg	RAPPORT $\frac{P}{S}$	ESPACE PARCOURU AVANT LE SOULÈVEMENT L m	TEMPS EMPLOYÉ POUR LE PARCOURS t secondes	VITESSE FINALE V m
1	Court.	Simple.	1,40	1,10	2°50	6,0	0,183	36,0	5	14,40
2	Long.	Avec queues.	1,40	»	2°	5,725	0,192	24,30	2,8	17,0
3	Id.	Id.	1,40	»	2°	6,725	0,163	44,0	4	22,0
4	Id.	Sans queues.	1,10	»	1°30	5,390	0,197	44,0	4	22,0
5	Id.	Avec queues.	1,40	»	1°30	6,460	0,170	52,87	4,5	23,5
6	Id.	Id.	1,40	»	1°20	6,460	0,170	62,50	5	25,0
7	Id.	Id.	1,40	»	1°	5,725	0,192	86,80	6,2	28,0

faite pour déterminer la vitesse minima à laquelle a lieu le soulèvement. a été opérée sur un fil de moindre longueur que l'autre, désigné dans le tableau sous le nom de fil court.

Les résultats donnés dans le tableau sont présentés sous forme graphique dans un tracé où les valeurs de la vitesse V sont portées en abscisses et les valeurs de $\frac{s}{P}$ en ordonnées ; les points correspondants aux essais 1, 2, 4 et 7, c'est-à-dire aux aéroplanes sans queues, sont sur une courbe très régulière, et les points donnés par les essais 3, 5 et 6 sur une autre courbe également très régulière. Les valeurs de $\frac{s}{P}$ pour la première ligne sont très rapprochées les unes des autres, elles sont comprises entre 0,18 et 0,20. M. Canovetti a cherché à comparer ses aéroplanes avec des êtres animés, et a dressé une table où il donne les valeurs de $\frac{s}{P}$, c'est-à-dire de surface de support au poids pour divers insectes ou oiseaux. On voit, sur cette table, que les phalènes ont un rapport de 0,50, les moineaux 0,40, les tourterelles 0,20, et les oiseaux plus gros, tels que les canards, 0,10. Les aéroplanes essayés seraient donc, au point de vue de la facilité d'enlèvement, dans de meilleures conditions que les insectes et petits oiseaux à long vol, et dans de moins bonnes que les oiseaux plus gros à vol planant. Les points où les queues sont intervenues donnant un rapport $\frac{s}{P}$ plus faible, 0,17 en moyenne, donneraient des résultats encore plus favorables. L'auteur admet d'ailleurs qu'il ne faut pas exagérer l'importance de cette comparaison, parce que, dans le vol ou l'action de planer des êtres animés, intervient une circonstance dont il faudrait pouvoir tenir compte, c'est le nombre des coups d'ailes d'un vol battant, ce qui n'est guère possible. Il faut également observer que ses expériences se sont trouvées dans des conditions défavorables du fait que le centre de gravité est, par nécessité, en contrebas du plan porteur. C'est au centre de gravité qu'agissent le poids et la force d'impulsion due à la vitesse acquise. Il en résulte que l'équilibre n'est pas assuré, car les forces précédentes et la réaction horizontale de la pression de l'air n'agissent pas au même point, d'où la formation d'un couple qui tend à faire tourner l'aéroplane et qu'il n'a pas été possible d'annuler. Il en résulte nécessairement une série d'oscillations analogues au mouvement de tangage qu'on observe sur les ballons allongés.

M. Canovetti discute ensuite les conclusions à tirer de ses expériences, conclusions parmi lesquelles figure celle qu'aucune des lois, du sinus, du sinus carré et du sinus cube ne répond à ses expériences ; ce qui, dit-il, a l'avantage de contenter tout le monde.

Notre Collègue termine par des considérations sur la propulsion des aérostats basées sur l'étude des résultats obtenus avec le ballon Zeppelin qui a marqué un progrès réel et auquel il n'aurait fallu, selon lui, que des moteurs plus avantageux et mieux installés pour obtenir un succès véritable, c'est-à-dire atteindre et même dépasser une vitesse de 10 *m* par seconde.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

FÉVRIER 1903.

Rapport de M. L. BACLÉ sur l'ouvrage de M. L. DUMAS intitulé : **Recherches sur les aciers-nickel à haute teneur.**

Un compte rendu très complet de cet ouvrage a été donné par M. Baclé dans le Bulletin de janvier 1903, p. 236, de notre Société.

Rapport de M. BARBET sur les expériences de M. CANOVETTI relatives à **la résistance opposée par l'air aux corps en mouvement.**

La question dont il s'agit a été traitée par notre Collègue, M. Canovetti lui-même, devant notre Société, dans la séance du 6 mars dernier, et nous avons donné plus haut, page 499, un résumé de sa communication.

La sécurité dans les ballons dirigeables, par M. le commandant P. RENARD.

Dans cette note, très importante et très bien faite, l'auteur, dont la compétence est universellement reconnue, après avoir fait remarquer qu'on possède aujourd'hui des moteurs légers qui facilitent, dans une certaine mesure, la solution du problème de la navigation aérienne, s'étend sur les questions de sécurité qui doivent maintenant être prises en très sérieuse considération, en présence des accidents qui se sont déjà produits ou qui ont été sur le point de se produire dans diverses tentatives.

La note passe en revue les principales précautions à prendre pour la construction et la conduite des ballons dirigeables et discute, à ce point de vue, les détails de divers systèmes réalisés jusqu'ici. A toutes ces mesures de précaution, ajoute avec raison l'auteur, il est indispensable d'ajouter celle qui consiste à avoir à bord de la nacelle un aéronaute compétent, ce qui est loin d'avoir été toujours le cas.

Note sur les locomotives. par M. Ed. SAUVAGE, Ingénieur en chef des Mines *(suite)*.

L'auteur traite, dans cette partie, des locomotives à trois essieux couplés et en passe en revue un très grand nombre de types.

Notes de mécanique. — On trouve, dans ces notes, une étude sur le frottement des paliers à grande vitesse, d'après le Z. V. D. I., une sur les angles de coupe des outils, une note sur l'acier à outils Taylor-White, une sur les essais d'une machine à vapeur surchauffée de Schmidt, sur le condenseur Weiss et sur des essais de moteurs Banki.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

3e trimestre de 1902.

Note sur **la construction d'une nouvelle écluse à Port-à-l'Anglais** sur la Haute-Seine, par M. Alby, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Depuis la construction, en 1865, de l'écluse de Port-à-l'Anglais sur la Seine, en amont de Paris, l'accroissement du trafic résultant de l'augmentation du mouillage et du développement de l'industrie du remorquage rendait nécessaire la création d'une seconde écluse. La question, toutefois, resta en suspens jusqu'en 1899 où fut fait le projet d'exécution de la nouvelle écluse.

Celle-ci est établie sur la rive droite du fleuve; le sas a 180 *m* de longueur utile et 16 *m* de largeur entre les bajoyers; le mouillage y sera toujours, en tout état des eaux, de 3,20 *m*.

Les portes métalliques sont à un seul vantail, avec caisses étanches formant flotteurs à la partie inférieure pour annuler presque entièrement le poids de la porte. La manœuvre peut se faire à la main ou au moyen de turbines. Il y a, en effet, à chaque extrémité, une turbine pouvant donner 15 *ch* sous 2,20 *m* de chute; cette turbine agit par une transmission dentée, avec interposition d'un débrayage, sur le secteur denté fixé au vantail. La turbine peut, en outre, actionner une dynamo pour la production d'un courant électrique qui pourra être employé à divers usages, actionnement des appareils mécaniques de service, éclairage, halage des bateaux dans l'écluse, etc.

Les dépenses se sont élevées à environ 2 millions de francs, dont 400 000 *f* pour les achats de terrains et 136 000 *f* pour les ouvrages métalliques et appareils de manœuvre. Les travaux, commencés en mai 1900, ont été achevés à la fin de 1901.

L'ouverture de la nouvelle écluse a, comme résultat pratique, fait entièrement disparaître l'encombrement de l'écluse de Port-à-l'Anglais, encombrement très gênant pour la navigation et qui faisait perdre de sept à douze heures aux bateaux remontant le matin de Paris.

Barrages à parements rectilignes, par M. Gustave Cadard, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'auteur, après avoir rappelé les études publiées dans ces derniers temps sur les barrages de réservoirs en maçonnerie, exprime l'avis que ni un profil triangulaire, ni un profil de forme quelconque arasé au niveau même de la retenue ne sont pratiquement réalisables, sauf peut-être pour ce dernier dans le cas exceptionnel d'un barrage-déversoir et l'influence du massif qu'il est nécessaire d'ajouter en haut du barrage à tout profil triangulaire, n'a pu jusqu'ici être beaucoup étudiée, tout au moins lorsque ce massif s'élève au-dessus du niveau de la retenue,

ce qui est le cas le plus ordinaire. Il s'est donc proposé d'étudier cette influence et d'établir des formules permettant de calculer rapidement le profil d'un barrage à parements rectilignes, les données étant le poids spécifique des maçonneries, la forme et les dimensions du massif de couronnement, éléments qui sont presque toujours entièrement déterminés, *a priori*, par les convenances locales à satisfaire.

La note se termine par quelques applications numériques des formules établies.

Sur les raccordements à courbure progressive pour voies ferrées, par M. Maurice D'Ocagne, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

On a, depuis longtemps, jugé insuffisants pour les voies ferrées les raccordements par simple contact entre les parties rectilignes et circulaires consécutives, et on emploie une solution consistant à insérer entre les parties droites et courbes consécutives, des arcs de courbe ayant avec chacune des deux parties un contact du second ordre et sur lesquels la courbure varie progressivement en même temps que le dévers.

Après avoir rappelé un certain nombre de solutions, telles que la parabole curviligne, préconisée par M. de Nordling, les radioïdes de M. de Leber, la lemniscate de M. P. Adam, etc., l'auteur en indique encore d'autres et donne des tables des constantes à adopter, quel que soit le type de courbe, pour les divers cas qui peuvent se rencontrer dans l'établissement des chemins de fer, depuis les lignes devant être parcourues par des trains rapides jusqu'aux lignes à voie étroite.

A la suite de cette note en est reproduite une autre, rédigée il y a quelques années par M. Ricour, en vue de l'application des formules de MM. Nordling et Dupuy.

Décomposition des mortiers par les eaux chargées de sulfate de chaux, par M. J. Bied, Directeur du Laboratoire de la Société Pavin de Lafarge, au Teil (Ardèche).

On s'est beaucoup préoccupé de l'action de l'eau de mer sur les mortiers; mais l'attention ne paraît pas s'être portée, avant ces derniers temps, sur les décompositions de ces mêmes matières dans les travaux en eaux douces, lorsque celles-ci sont chargées de sulfates alcalins ou alcalino-terreux. L'action de ces eaux est beaucoup plus importante que celle de l'eau de mer. On a pu le constater, en Espagne et en Algérie, notamment dans la région des Chotts.

La note entre dans des détails circonstanciés sur la composition des eaux et les effets produits. Pour remédier à ces effets, il est nécessaire de trouver un liant à l'abri des décompositions chimiques par les eaux sulfatées qu'on puisse ajouter aux chaux et ciments.

Il a été fait quelques expériences dans cet ordre d'idées et les résultats en sont donnés dans la note; ces résultats semblent indiquer la supériorité des ciments peu alumineux. Comme suite à ces observations, l'auteur a entrepris une série d'expériences sur divers mélanges de pouzzolanes, aux chaux et ciments du Teil. Ces expériences ne sont pas encore terminées.

Note sur des **dispositifs de sécurité à appliquer aux récipients de vapeur à couvercles amovibles**, par M. Maurice Bellom, Ingénieur des Mines, Secrétaire de la Commission centrale des machines à vapeur.

Ce mémoire a déjà paru dans les *Annales des Mines*, et nous en avons rendu compte dans le Bulletin d'octobre 1902, page 600.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Mars 1903.

District de Paris.

Réunion du 29 janvier 1903.

Présentation, par M. Haton de la Goupillière, du **Cours d'exploitation des mines** de M. Habets.

Communication de M. H. Lenicque sur l'**état actuel de la préparation mécanique des minerais** en vue de leur enrichissement.

Cette question a été traitée par l'auteur, devant notre Société, dans la dans la séance du 5 décembre 1902. Nous renverrons donc, à ce sujet, au Mémoire inséré dans le Bulletin de décembre.

Communication de M. Colomer sur **la Colombie (Amérique du Sud)**.

L'auteur, dans cette communication, donne des détails intéressants sur la géographie de la Colombie, sa géologie, les richesses du sol, dont les seules exploitées jusqu'ici sont l'or, et, à un moindre degré, l'argent. L'or y existe soit à l'état d'alluvions, soit à celui de filons; l'argent se trouve soit avec l'or dans les mêmes filons, soit à l'état isolé dans des filons analogues. C'est des alluvions qu'on extrait le plus d'or; les moyens de transport manquent à peu près complètement; il y a peu de chemins de fer, le canot, sur les fleuves, et les bêtes de somme, sur terre, sont les seuls moyens avec le portage à dos d'hommes dans certains cas.

Depuis le XVI^e^ siècle jusqu'en 1890, la Colombie a produit 3,5 milliards de francs d'or. Le district de Santa Rosa, seul, donne de 150 000 à 200 000 *f* d'or par mois. Aux environs de Remedios et de Segovia on extrait mensuellement 300 000 à 350 000 *f*.

Le développement des voies ferrées développera l'industrie minière et assurera au pays une sécurité dont le besoin se fait sentir actuellement.

District de Saint-Étienne.

Réunion du 14 février 1903.

Communication de M. Denogent sur **une installation électrique d'épuisement** au puits Monterrad n° 2 (des mines de Firminy).

Pour remplacer une pompe à tiges et balancier, dont l'existence obligeait à réserver des massifs de houille immobilisée, et pour réduire les

infiltrations d'eau aux étages inférieurs, on a été conduit à installer une pompe souterraine à commande électrique. C'est une pompe horizontale système Jandin. Cette pompe absorbe 182 chevaux à 100 tours. Son rendement en volume est de 94 à 97 0/0, son rendement mécanique de 87. Le rendement total entre le travail indiqué sur le piston de la machine à vapeur et le travail en eau montée est de 60,6 0/0. La dépense en charbon est, par cheval indiqué, de 8,90 *kg*, et par cheval en eau montée, de 14,60 *kg* ; la partie électrique a été installée par les ateliers d'Œrlikon.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 9. — *28 février 1903.*

Exposition de Dusseldorf. — Locomotive à vapeur surchauffée par J. Obergethmann.

Exploitation du chemin de fer de la Valteline avec courants électriques à haute tension, par E. Cserhati et K. von Kandó *(fin)*.

Installation électrique de force et de lumière aux ateliers de la Société Vulcan, par A. Böttcher *(suite)*.

Aperçu sur la mesure des flexions des ressorts d'indicateurs, par E. Förster.

Groupe de Hanovre. — Emplois industriels de l'alcool. — Avancement rapide d'un sondage. — Nouvelle construction d'appareils électriques de mesure.

Bibliographie. — Dictionnaire des termes d'électrotechnique, par P. Blaschke.

Revue. — Appareil de transbordement de marchandises d'un navire à un autre. — Installations d'électricité à New-York. — Trafic sur les voies navigables en Allemagne.

N° 10. — *7 mars 1903.*

La turbine à vapeur et les moteurs thermiques, par A. Stodola *(fin)*.

Exposition de Dusseldorf. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

Systèmes divers d'indicateurs, par A. Wagener.

Exposition de Dusseldorf. — La métallurgie, par Fr. Frölich *(suite)*.

Construction du profil d'une vis sans fin, par H. von Glinski.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Questions techniques concernant l'Afrique orientale allemande.

Bibliographie. — Bases des calculs différentiel et intégral, par R. Fischer.

Revue. — L'industrie du cuivre-nickel au Canada. — Le vapeur pour transport de pétrole *Narragansett*. — Passerelle en béton système Monier.

N° 11. — *14 mars 1903.*

Installation de force motrice avec tirage mécanique, par E. Josse.

Exposition de Dusseldorf. — Locomotive à vapeur surchauffée, par J. Obergethmann *(fin)*.

Exposition de Dusseldorf. — Les appareils de levage, par Ad. Ernst *(suite)*.

Progrès de la construction des machines-outils en Allemagne, par F. Ruppert *(suite)*.

Groupe de Carlsruhe. — Clapets de sûreté contre la rupture des conduites de vapeur.

Bibliographie. — Mesures absolues internationales, par A. von Waltenhofen.

Revue. — Le chemin de fer Nord-Chinois. — Fonderie d'acier trempé des forges et fonderies de Gelsenkirchen, précédemment Manscheid et Cie.

N° 12. — *21 mars 1903.*

Le chemin de fer de l'Albula, entre Thusis et Saint-Moritz, par H. Cox.

Installations électriques de force et de lumière aux ateliers de la Société Vulcan, par A. Böttcher *(fin)*.

Exposition de Dusseldorf. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

Exposition de Dusseldorf. — La métallurgie, par Fr. Frölich *(suite)*.

Influence de l'irrégularité de la section de la partie prismatique des pièces d'essai sur les résultats des essais à la traction, par Diegel.

Groupe de Berg. — Emploi de l'électricité pour l'extraction des métaux.

Groupe de Berlin. — Préparation pratique des jeunes gens aux écoles techniques moyennes.

Revue. — Première machine d'extraction à commande électrique. — Commande de vingt locomotives à l'industrie allemande pour le Canadian Pacific R. R.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :
A. Mallet.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 6606-3-03. — (Encre Lorilleux).

Fig. 11

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AVRIL 1903

N° 4.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois d'avril 1903, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

CARIMANTRAND (J.). — *La richesse forestière. Son déclin, son relèvement*, par J. Carimantrand (in-8°, 210 × 135 de 17 p.). Paris, Nouvelle Imprimerie, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42602

Astronomie et Météorologie.

Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages. N° 12. Tokyo, 1903 (in-8°, 255 × 180 de 65 p. avec 26 pl.). 42642

Chemins de fer et Tramways.

BERTRAND (E.). — *Calculs pratiques pour l'établissement du matériel de chemins de fer et tramways à voie de 1 mètre*, par E. Bertrand (Manuscrit, 285 × 215 de 63 p.). Paris, 31 décembre 1902. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42637

BLANC (P.). — *Chemins de fer*, par Pierre Blanc (Agenda Dunod. 25e édition, 1903) (in-16, 150 × 95 de XXIV-302-LXIX p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. (Don de l'auteur. M. de la S.) 42635

BLONDEL (A.) et PAUL-DUBOIS (F.). — *La traction électrique sur voies ferrées. Voie. Matériel roulant. Traction*, par André Blondel et F. Paul-Dubois. Préface de A. Potier (2 vol. in-8°, 250 × 155 de XXXVIII-843 p. et de 863 p. avec 1.014 fig.). Paris, Ch. Béranger et Cie, 1901. (Don des auteurs.) 42616 et 42617

CROS (Éd.). — *La puissance de l'image appliquée aux chemins de fer*, par Édouard Cros. 2e édition (in-8°, 240 × 160 de 11-4 p.). Paris. Imprimerie Chaix. 1902. (Don de l'auteur.) 42630

Report on the subsidized Railways and other Public Works in the Province of Nova Scotia for year ending September 30, 1902, by Martin Murphy (in-8°, 250 × 165 de 119-LXXXIV p. avec une carte). Halifax, N. S., King's, 1903. 42629

Chimie.

FAVIER (A.). — *Les explosifs Favier. Poudres de sûreté. Grisounites.* (Exposition universelle de 1900) (in-8°, 240 × 155 de 20 p.). Paris. Société française des poudres de sûreté. (Don de l'auteur.) 4.605

PERRIN (J.). — *Traité de chimie physique. Les principes*, par Jean Perrin (in-8°, 250 × 165 de XXVI-300 p. avec 38 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1903. (Don de l'éditeur.) 42599

Construction des Machines.

CASTELNAU (F.). — *Recherches sur la distribution de la vapeur dans les machines*, par M. F. Castelnau. 3e édition (in-8°, 250 × 165 de 86 p. avec nombreuses figures). Paris, Michelet, 1892. (Don de l'auteur.) 42606

CODRON (C.). — *Arts mécaniques. Travail des métaux*, par C. Codron. 11e édition (in-f°, 375 × 280 de 307 p. avec nombreux dessins autographiés). Lille, Imprimerie lithographique Schaller, 1901. (Don de l'auteur.) 42608

CODRON (C.). — *Carnet d'essais mécaniques de l'École de l'Institut industriel*, par C. Codron. 2e édition (album, 190 × 230 de 255 p. avec nombreuses figures autographiées). Lille, Imprimerie autographique J. Schaller, 1881. (Don de l'auteur.) 42610

CODRON (C.). — *Constructions mécaniques. Album des organes constituant les machines*, par C. Codron. 3e édition (album, 250 × 205 de 204 pl. autographiées). Lille, Imprimerie autographique J. Schaller, 1900. (Don de l'auteur.) 42609

CODRON (C.). — *Essais mécaniques à l'Institut industriel du nord de la France, à Lille*. Note de M. C. Codron (Exposition universelle de 1900) (in-8°, 240 × 155 de 17 p.). Lille, L. Danel, 1900. (Don de l'auteur.) 42611

COMPÈRE (Ch.). — *Avaries à des chaudières à foyer intérieur amovible*, par Ch. Compère. (Extrait du Compte rendu des séances du 26e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations françaises de propriétaires d'appareils à vapeur) (in-8°, 240 × 160 de 22 p. avec 20 fig.). Paris, Imprimerie E. Capiomont et Cie. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42591

Congrès international d'automobilisme, tenu en l'Hôtel de l'Automobile Club de France, du 9 au 16 juillet 1900. (Exposition universelle de 1900) (in-8°, 280 × 190 de 607 p.). Paris, Imprimerie Hemmerlé et Cie, 1903. 42584

DEMOULIN (M.). — *Traité pratique de la construction des machines à vapeur fixes et marines*, par Maurice Demoulin (in-8°, 280 × 180 de III-430 p. avec 483 fig.). Paris, Baudry et Cie, 1895. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42621

LA VALLÉE-POUSSIN (L. DE). — *Notes sur les appareils à mesurer l'eau dans les distributions publiques*, par L. de La Vallée-Poussin (in-8°, 235 × 165 de 16 p. avec 4 fig. et 3 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. (Don de l'éditeur.) 42590

LETOMBE (L.). — *Contribution à l'étude des moteurs thermiques*, par M. L. Letombe. (Extrait du Congrès de mécanique appliquée, tome III) (in-4°, 320 × 230 de 19 p. avec 13 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1901. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42620

PACORET (É.). — *Mécanique, hydraulique et électricité appliquées. Traité théorique et pratique des appareils de levage et de manutention*, par Étienne Pacoret (in-8°, 225 × 145 de VIII-543 p. avec 300 fig.). Paris, J. Loubat et Cie. (Don de l'éditeur, M. de la S.) 42639

SINIGAGLIA (F.). — *Chaudières à vapeur. Essais des matériaux, calculs de résistance, épreuves hydrauliques et inspection, avec des tableaux numériques, cahiers des charges*, par François Sinigaglia. (Extrait de la Revue de Mécanique, années 1899-1900) (in-4°, 315 × 225 de 112 p. avec 65 fig.). Paris, Ch. Dunod, 1901. (Don de l'auteur.) 42607

Éclairage.

MOREL (M.-A.). — *L'acétylène. Théorie. Applications*, par Marie-Auguste Morel (in-8°, 250 × 165 de XII-172 p. avec 7 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1903. (Don de l'éditeur.) 42600

Économie politique et sociale.

Oesterreichisch-Ungarische Handelskammer in Paris (Chambre de commerce austro-hongroise). Rechenschafts-Bericht 1902 (in-8°, 235 × 155 de 59 p.). Paris, Imprimerie Nouvelle, 1903. 42587

Électricité.

PACORET (É.). — *Distributions et canalisations. Traité général et pratique des distributions et canalisations d'électricité, d'eau, de gaz, d'acétylène et d'alcool, d'air comprimé, de vapeur et chauffage divers. Livre I. Électricité*, par É. Pacoret (in-8°, 225 × 145 de 320 p. avec 129 fig. et 5 pl.). Paris, J. Loubat et Cie. (Don de l'éditeur, M. de la S.) 42638

RODET (J.). — *Distribution de l'énergie par courants polyphasés*, par J. Rodet. 2e édition entièrement refondue (in-8°, 230 × 140 de IX-561 p. avec 273 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1903. (Don de l'éditeur.) 42601

Géologie et Sciences naturelles diverses.

Boletin del Instituto geológico de Mexico. N° 16. (Secretaria de Fomento, Colonizacion é Industria) (in-4°, 335 × 240 de 44-7 p. avec 5 pl.). Mexico, Oficina Tip. de la Secretaria de Fomento, 1902. 42643

Législation.

Annuaire de l'Association amicale des anciens Élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures. Promotions de 1832 à 1902 (in-8°, 225 × 150 de 681 p.). Paris, Siège social de l'Association, 1903. 42603

Officers and Members American Society of Naval Engineers 1903 (in-8°, 235 × 155 de 17 p.). 42595

Société d'Encouragement pour l'industrie nationale. Annuaire pour l'année 1903 (in-18, 175 × 115 de 128 p.). Paris, Typographie Philippe Renouard, 1903. 42631

Société des Ingénieurs Civils de France. Annuaire de 1903. 56e année (in-8°, 240 × 160 de 463 p.). Paris, Hôtel de la Société, 1903. 42604

Métallurgie et Mines.

FUMAT. — *Lampes de sûreté. Réponse à un passage de la brochure intitulée la Compagnie houillère de Bessèges à l'Exposition de Paris, 1900*, par Fumat (in-8°, 210 × 135 de 8 p.). Douai, Imprimerie Paul Dutilleux. (Don de l'auteur.) 42613

FUMAT. — *Note sur les lampes de sûreté, système Fumat* (Extrait du Bulletin de la Société de l'Industrie minérale. 3e série. Tome VI. 4e livraison, 1892) (in-8°, 225 × 140 de 31 p. avec 5 fig.). Saint-Étienne, J. Thomas et Cie, 1892. (Don de l'auteur.) 42612

VILLAIN (FR.). — *La houille en Lorraine. Conférence donnée à l'Institut chimique de Nancy, le mercredi 4 mars 1903*, par M. François Villain (Extrait du Bulletin de la Société industrielle de l'Est, année 1903) (in-8°, 240 × 160 de 27 p. avec 1 pl.). Nancy, Imprimerie Pierron et Hozé, 1903. (Don de la Revue industrielle de l'Est.) 42591

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

CHAUVIN (R.). — *Construction du canal de Jonage. Travaux. Installations hydrauliques et électriques. Monographie*, par René Chauvin (in-4°, 330 × 250 de XVI-191 p. avec atlas même format de LV pl.). Publié par la Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône. Paris, Ch. Béranger, 1902. (Don de M. J. Raclet, M. de la S.) 42645 et 42646

ESPITALLIER. — *Travaux du port de Bizerte et de l'arsenal de Sidi-Abdallah*, par le lieutenant-colonel Espitallier (Extrait du Journal Le Génie civil) (in-8°, 240 × 155 de 40 p. avec 31 fig. et 1 pl.). Paris, Publications du Journal Le Génie civil, 1902. (Don de M. H. Hersent, M. de la S.) 42636

TURC (C.). — *Le navire pour passagers. Essai sur un type nouveau de navires sans tangage et sans roulis, évitant ainsi le mal de mer aux passagers, inchavirables et insubmersibles après abordages*, par C. Turc (in-8°, 270 × 185 de 88 p. avec 32 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1903. (Don de l'auteur.) 42586

WRIGHT (W.). — *Some Aeronautical Experiments* by Wilbur Wright (Reprint from Journal of the Western Society of Engineers, December 1901) (in-8°, 230 × 155 de 22 p. avec 13 fig.). (Don de M. O. Chanute, M. de la S.) 42588

Routes.

ROZENE (BARONE G. V.) — *Rkhovodstvo pri oustroistvié i soderjanii zemskikhe doroghe.* Sostavile Barone G. V. Rozene (in-8°, 270 × 190 de 105 p. avec 55 pl.). Saint-Pétersbourg, 1902. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42644

Sciences mathématiques.

KŒCHLIN (M.). — *Applications de la statique graphique*, par Maurice Kœchlin (Encyclopédie des travaux publics, fondée par M.-C. Lechalas) (in-8°, 250 × 165 de XVII-626 p. avec 310 fig. et atlas, 325 × 260 de 34 pl.). Seconde édition, revue et augmentée. Paris, Baudry et Cie, 1898. (Don de l'auteur.) 42618 et 42619

Technologie générale

American Society of Civil Engineers. Catalogue of the Library. Volume II. December 1902 (in-8°, 230 × 150 de 293 p.). New-York, 1902. 42627

IX. Internationaler Schiffarts-Congress Düsseldorf, 1902. Gesammt-Bericht (in-8°, 263 × 175 de XVII-780 p.). Berlin, P. Stankiewicz, 1903. (Don de M. le Secrétaire général du Congrès.) 42598

Papers read before the Engineering Society of the School of Practical Science Toronto; N° 12, 1898-1899; N° 13, 1899-1900; N° 14, 1900-1901; N° 15, 1901-1902 (4 vol. in-8°, 220 × 150). Toronto, The Carswell C° Limited, 1899-1902. 42623 à 42626

Rapports du Jury international. Groupe IX. Forêts, Chasse, Pêche. Cueillettes. Classes 49 à 54 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) in-8°, 295 × 195 de 698 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1902. (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42633

Rapports du Jury international. Groupe X. Aliments. Deuxième partie. Classes 60 à 62 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 556 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1902. (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900.) 42622

Rapports du Jury international. Groupe XII. Décoration et mobilier des édifices publics et des habitations. Première partie. Classes 66 à 71 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°. 295 × 195 de 480 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1902. (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900.) 42634

Register van de Werken van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, 1900-1901; 1901-1902 (2 brochures, 320 × 240 de 9 p.). 's Gravenhage, A. D. Schinkel, 1903. 42640 et 42641

Universal Exposition Saint-Louis, 1904. Commemorating Acquisition of Louisiana Territory, 1903. Rules and Regulations Governing the Aeronautic Competition (in-8°, 230 × 150 de 8 p.). Saint-Louis. (Don de M. O. Chanute, M. de la S.) 42589

Travaux publics.

Annual Reports of the War Department for the fiscal year ended June 30 1902. Report of the Chief Engineers. Part. 1, 2, 3, 4, and Supplement (5 vol. in-8°, 235 × 145). Washington, Government Printing Office, 1902. (Don de M. D. Bellet, M. de la S.) 42593 à 42597

Letouzé (P.) et Loyeau (P.). — *Traité pratique des travaux en asphalte*, par P. Letouzé et P. Loyeau (in-8°, 225 × 135 de 240 p. avec 54 fig. et 6 pl.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1897. (Don de M. Loyeau, M. de la S.) 42628

Rabut (Ch.). — *Conférence sur l'expérimentation des ponts*, par M. Rabut (Extrait des Annales des Ponts et Chaussées. 3^e^ trimestre 1901) in-8°, 240 × 155 de 56 p. avec 17 fig.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1901. (Don de l'auteur.) 42615

Rabut (Ch.). — *Renseignements pratiques pour l'étude expérimentale des ponts métalliques*, par Ch. Rabut (Extrait des Annales des Ponts et Chaussées, livraison d'octobre 1896) (in-8°, 250 × 165 de 119 p. avec 39 fig. et 1 pl.). Paris, P. Vicq-Dunod et C^ie^, 1897. (Don de l'auteur.) 42614

Sageret. — *Annuaire du bâtiment, des travaux publics et des arts industriels. 94^e^ année de sa publication, 1903* (in-8°, 220 × 135 de lxxii-2399 p.). Paris, Bureaux de la Direction, 1903. 42632

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'avril 1903, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

Ch. Arquembourg,	présenté par MM.	Gruner, Harlé, Richou.
A.-B. Duchesne,	—	Courtier, Duchesne, de Dax.
J.-H.-E. Feray,	—	Bodin, Buquet, Feray.
L.-J.-A. Fleury,	—	Bodin, Canet, da Cunha.
L. Guillet,	—	Bodin, Buquet, Dumont.
J.-M.-C. Herrgott,	—	Chassevent, Legenisel, Zetter.
L.-L. Ligneau de Séréville,		Bodin, de Marchena, Roux.
A. Macdonald,	—	Arbel, Auderut, Macaire.
M.-C.-E. Mestre,	—	Jannettaz, Marboutin, Soreau.
J.-F. Meynier de Salinelles,		Huguenot, Lacaze, Laurain.
J. Pillon,	—	Bodin, Dutreux, Duvignau de Lanneau.
E.-J.-Th. Rey,	—	Demonet, Mariez, Serot.
J.-B. Reymond,	—	Bodard, Machavoine, Quiniou.

Comme Membres Associés, MM. :

V.-Ch. Le Maignent	présenté par MM.	Campagne, Lemetais, Luchaire.
A. Perot,	—	Bodin, Salomon, Liébaut.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1903

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 3 AVRIL 1903

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître le décès de :

MM. Mathias-Alfred Biver, Ancien Élève de l'École Centrale (1864), Membre de la Société depuis 1879 ; Chevalier de la Légion d'honneur, Directeur général des Glaceries de la Compagnie de Saint-Gobain, Chauny et Cirey. La Société a été représentée aux obsèques de M. Biver par notre Ancien Président, M. L. Appert ;

Victor Marchal, Ancien Élève des Arts et Métiers, Membre de la Société depuis 1869. Ingénieur Civil ;

Henri-Félix Herpin, Ancien Élève de l'École Centrale (1868), Membre de la Société depuis 1879, Ingénieur à l'Usine de MM. Christofle et Cie ;

P. Wallerstein, ancien Élève de l'École Centrale, Membre de la Société depuis 1888, Chevalier de la Légion d'honneur ; Administrateur de la Société Industrielle des Téléphones, Président du Conseil d'administration de la Compagnie des Chemins de fer régionaux des Bouches-du-Rhône.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de condoléance de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations suivantes :

M. G. Canet, a été nommé Grand-Croix de Saint-Olaf de Suède et Norvège.

M. G. Crugnola a été nommé Officier de la Couronne d'Italie.

M. le Président adresse à notre ancien Président et à M. Crugnola les vives félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Parmi ces ouvrages, il signale une Notice de M. Turc sur un *Projet de navire sans tangage ni roulis*. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

L'Association française pour la protection de la Propriété Industrielle doit, cette année, tenir son Congrès annuel à Saint-Étienne, les 21 et 22 avril courant. Si, parmi ceux de nos Collègues qui se rendront à ce Congrès, quelques-uns d'entre eux désirent être désignés comme délégués de la Société, M. le Président les prie de se faire inscrire au Secrétariat.

Une Exposition de l'Habitation, des Industries du Bâtiment, et des Travaux Publics aura lieu, au Grand-Palais des Champs-Élysées, du 30 juillet au 15 novembre. Parmi les Membres du Comité de patronage, M. le Président signale un grand nombre de noms tant de Membres de notre Société que de nos Président et ancien Présidents.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. B. Duchesne, qui vient d'être admis Membre de la Société, a fait don d'une somme de 25 *f* à titre de don volontaire, et que M. A. Macdonald a également fait don d'une somme de 39 *f*.

Enfin, notre Collègue, M. Audemar, l'un des Lauréats des Prix Schneider dans la Section Mines, nous a généreusement abandonné la moitié de la valeur en espèces du Prix qui lui avait été attribué, l'autre moitié étant destinée à l'Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale.

M. le Président adresse à ces Collègues tous les remerciements de la Société pour la sympathie qu'ils lui témoignent ainsi.

M. J. PÉRARD a la parole pour sa communication sur *l'Emploi des Moteurs à pétrole à bord des bateaux de pêche.*

M. J. PÉRARD, donne d'abord une description rapide des divers types de chalutiers à voile et à vapeur en usage sur nos côtes. Il expose en quelques mots les doléances des pêcheurs à la voile: ceux-ci se plaignent de la concurrence que leur font les vapeurs, les accusent de dévaster les fonds de pêche et demandent contre eux des taxes nouvelles et une réglementation sévère.

Sans rechercher ce que ces accusations peuvent avoir de fondé, il faut remarquer que le chalutage, d'après les règlements en vigueur, doit s'effectuer en dehors de la zone de la mer territoriale; par conséquent, toute mesure qui ne sera pas internationale frappera l'industrie française au profit de l'industrie étrangère; le nombre des chalutiers anglais dépassait 1 900 au 1er janvier 1903, et le nombre des français est à peine supérieur à 100; aussi l'on rencontre les premiers jusqu'au fond du golfe de Gascogne.

Il semble préférable de perfectionner l'outillage des voiliers pour leur permettre de lutter avec plus de succès contre les vapeurs.

Après quelques mots consacrés à l'application des moteurs au cabestan des bateaux de pêche, et après avoir signalé diverses installations récentes de moteurs à pétrole, entre autres celles du moteur « Duplex »

sur le *Saint-Sébastien*, de Port-en-Bessin, M. Pérard parle de l'application des moteurs comme propulseurs auxiliaires.

Il cite les résultats constatés au Danemark où plus de cinq cents navires sont munis de moteurs auxiliaires. Celui qui est le plus généralement employé est le moteur « Dan ». Ce moteur actionne une hélice reversible. Il cite également les applications récentes faites aux États-Unis, soit pour les Doris servant à la pêche côtière de la morue, soit sur les goëlettes servant à la pêche hauturière du maquereau (1).

En France deux applications ont été faites, dont l'une sur le *Va-de-l'Avant*, Dundee de Groix appartenant à Mme Lemonnier. Le moteur du système Dau actionnant une hélice réversible, est de 20 *ch* et sert en même temps pour la commande du cabestan; la vitesse atteinte par calme blanc est de 5 nœuds.

Incidemment M. Pérard parle du yacht auxiliaire *La Sardine* attaché à la station zoologique maritime de Concarneau; ce bateau dans l'esprit de M. Fabre Domergue, Inspecteur général des pêches maritimes, et Directeur de cette station, est destiné à étendre le rayon d'études scientifiques de son laboratoire, et en même temps à servir d'enseignement par l'exemple aux pêcheurs de la région, en leur montrant les services que peut rendre l'application des moteurs auxiliaires à bord des bateaux de pêche.

Enfin l'application la plus importante qui ait été faite des moteurs à pétrole est celle du *Jean*, de Boulogne, appartenant à MM. Altazin-Petyt et servant à la pêche du hareng et du maquereau.

Le *Jean* jauge 208 *tx* bruts, 135 *tx* nets ; il est muni de deux moteurs « Duplex ». L'un, de 40 *ch*, pour la commande du cabestan, l'autre, de 250 *ch* pour la propulsion du navire ; l'hélice est à pas fixe, et les variations de vitesse s'obtiennent en agissant sur le régulateur du moteur. La mise en marche est faite au moyen de l'air comprimé.

Les avantages de l'application des moteurs auxiliaires à bord des bateaux harenguiers, sont importants. *Le Bayard*, harenguier de Boulogne muni d'un propulseur auxiliaire à vapeur, a rapporté une fois et demie autant que les harenguiers à voile ; les avantages du moteur à pétrole sur le moteur à vapeur sont, la mise en marche immédiate, (sans mise en pression préalable d'une chaudière), l'économie de personnel, deux matelots intelligents faisant à bord du *Jean* le même service que les deux mécaniciens et les deux chauffeurs du *Bayard;* l'économie de combustible est également sensible, le moteur ne consommant que pendant son emploi, et les armateurs payant le pétrole au tarif d'exportation c'est-à-dire seulement de 12 *f* à 15 *f* les 100 *kg*. Enfin le moteur à pétrole tient moins de place à bord que le moteur à vapeur; le rapport de la jauge nette à la jauge brute du *Bayard* est de 1/2, celle du *Jean* de 2/3.

Il y a lieu de féliciter Mme Lemonnier et M. Altazin de leur initiative. L'expérience qu'ils ont tentée ayant si bien réussi, leur exemple sera suivi. Cette nouvelle branche arrivera peut-être à constituer pour les

(1) On a constaté les résultats suivants chaque homme d'équipage des goëlettes munies de moteurs auxiliaires a touché environ cent dollars de plus que ceux des goëlettes à voile.

constructeurs de moteurs un débouché égal en importance à celui de l'automobilisme sur route.

Mais avant tout, il y a là une question d'avenir pour notre industrie de la pêche maritime et, vraisemblablement, une solution de la crise économique dont se plaignent nos pêcheurs à la voile.

M. A. Bochet demande à présenter quelques observations au sujet de la communication qui vient d'être faite, mais, vu l'heure relativement avancée, il accepte de les reporter à la prochaine séance.

M. le Président remercie M. Pérard de son intéressante communication toute d'actualité.

M. le Président, avant de donner la parole à M. Besson, qui veut bien, ce soir, nous entretenir des nouvelles recherches auxquelles a donné lieu ce métal si intéressant appelé *Radium*, dit qu'il aurait été heureux de voir assister à cette séance M. et Mme Curie, auxquels est due la plus grande partie des découvertes que notre Collègue va nous exposer ; mais M. et Mme Curie, qui avaient été invités, se sont excusés et M. le Président, en leur adressant les félicitations de la Société pour leurs beaux travaux, y joint les regrets de ne pas pouvoir les compter, ce soir, au nombre des auditeurs.

M. P. Besson a la parole pour sa communication sur *Le Radium. — Radioactivité. — Hypothèses.*

M. P. Besson rappelle sa communication sur le même sujet d'avril 1901 ; il ne reviendra pas sur la découverte et la préparation du radium. Il se bornera à parler des propriétés nombreuses du corps et des travaux accomplis dans ces deux dernières années par M. et Mme Curie.

Il montre les radiographies obtenues par les rayons du radium ; il montre également la fluorescence des écrans au platinocyanure de baryum et au sulfure de zinc.

Il montre l'action du radium sur le verre, qui est coloré en brun ou en violet, parle des transformations de l'oxygène en ozone, du phosphore blanc en phosphore rouge, enfin, des diverses actions chimiques.

Les actions physiologiques du radium sont très intéressantes ; les rayons émanant de ce métal produisent des brûlures. Le docteur Danlos de l'Hôpital Saint-Louis a traité avec succès des lupus érythémateux. M. Danisz, de l'Institut Pasteur, a paralysé des souris et des lapins en plaçant un tube de radium au contact de la colonne vertébrale ou de la masse cérébrale.

M. Besson continue en montrant les phénomènes de radioactivité induite sur le sulfure de zinc, sur le verre, qui sont rendus phosphorescents. Ce sont là des expériences très belles : tous les corps placés dans une enceinte contenant du radium prennent les mêmes propriétés que lui. La propagation peut se faire à travers les tubes capillaires ; c'est une véritable émanation. Les rayons du radium déchargent l'électroscope en rendant l'air conducteur. Les diélectriques liquides deviennent également conducteurs.

L'Institut de France attribue une grande importance aux travaux de M. et Mme Curie, puisqu'à l'unanimité il a attribué, l'an dernier, une

somme de 20 000 *f.* provenant du legs Hubert Debrousse, à M. Curie pour lui permettre de continuer ses travaux.

Après des projections de radiographies, M. Besson continue sa communication en citant les hypothèses faites, sur les rayons cathodiques, par Crookes et J.-J. Thomson ; par Maxwel, Rowland et Hertz sur les courants électriques; il parle de l'hypothèse de Jean Perrin sur la constitution de l'atome, et, réunissant les hypothèse de Newton, de Huyghens et de Fresnel, il cite une hypothèse de M. de Lapparent sur la propagation de la lumière par une émission de corpuscules se déplaçant d'un mouvement hélicoïdal.

Il termine par des considérations générales sur les ***Hypothèses***, considérations inspirées par les ouvrages de MM. Dastre et H. Poincaré.

M. le Président remercie vivement M. P. Besson de sa communication si intéressante et qui montre combien le champ des découvertes scientifiques est encore peu connu et fécond en surprises.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission, de MM. Ch. Arquembourg, L.-J. Fleury, L. Guillet, J.-F. Meynier de Salinelles, J. Pillon, J.-B. Reymond, comme Membres Sociétaires, et de :

MM. V.-Ch. Le Maignent et A. Pérot comme Membres Associés.

MM. A.-B. Duchesne, J.-H.-E. Feray, L.-L. Ligneau de Séréville, A. Macdonald, M.-C.-E. Mestre, E.-J.-T. Rey, J.-M.-C. Herrgott, sont reçus comme Membres Sociétaires.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
A. de Gennes.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 17 AVRIL 1903

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part à la Société du décès de :

M. Gustave Tiquet, ancien Élève de l'École Centrale (1864) ; Membre de la Société depuis 1866 ; Maître de Forges ;

M. Léopold Laporte, ancien Élève de l'École des Mines de Liège (1850) ; Membre de la Société depuis 1897 ; Ingénieur civil des Mines ;

M. Daniel Dorian, ancien Élève de l'École Centrale (1879) ; Membre de la Société depuis 1881 ; Député, Conseiller général de la Loire ;

M. Charles Monchot, ancien Élève de l'École Centrale (1868) ; Membre de la Société depuis 1878 ; Ingénieur-Conseil de Mines.

Mme Monchot, qui nous a informé du décès de son mari, nous a fait abandon d'un certain nombre de coupons des deux obligations dont notre collègue était possesseur.

M. LE PRÉSIDENT adresse à Mme Monchot de vifs remerciements, et lui exprime, ainsi qu'aux familles de nos autres collègues, les sentiments de condoléances de la Société tout entière.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'une erreur d'impression s'est glissée dans le dernier procès-verbal. Notre ancien Président, M. CANET, a été nommé, non pas Grand-Croix, mais Grand-Officier de l'ordre de Saint-Olaf de Suède et de Norvège.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans le plus prochain Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que M. A. Bochet devait prendre la parole à la séance de ce soir pour présenter quelques observations complémentaires à la communication de M. Pérard, sur *l'Emploi des moteurs à pétrole à bord des bateaux de pêche*. La séance étant un peu chargée, M. Bochet a très aimablement consenti à reporter à une date ultérieure la présentation de ses observations, et il a même bien voulu nous promettre de nous faire, à ce propos, une communication plus complète, qui portera sur *l'Application des machines à pétrole à la navigation*.

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. Bochet.

M. LE PRÉSIDENT dit que M. l'Inspecteur-général des Ponts et Chaussées QUINETTE DE ROCHEMONT a bien voulu accepter l'invitation d'assister

à la séance et il le prie de prendre place au Bureau. M. Quinette de Rochemont remercie M. le Président des paroles aimables qu'il lui a adressées et aussi de l'invitation qu'il a bien voulu lui faire parvenir.

M. LE PRÉSIDENT dit que notre collègue, M. G. Trélat, lui a demandé quelques minutes pour nous exposer, d'une façon succincte, la question du *Génie Civil à l'Exposition de Saint-Louis*. Il demande donc aux deux autres conférenciers la permission de donner la parole pour quelques instants à M. G. Trélat qu'il remercie d'avoir bien voulu nous apporter la primeur de cette communication.

M. Gaston TRÉLAT tient, avant tout, à remercier M. le Président, qui veut bien l'autoriser à prendre la parole, malgré la demande tardive qu'il en a faite. C'est du Génie civil à l'Exposition de Saint-Louis qu'il veut parler.

En conséquence des transformations caractéristiques de notre temps, les Américains ont eu l'idée de créer une nouvelle section affectée à ce grand ensemble d'activités. Il se trouve donc réparti dans trois divisions distinctes, au lieu de deux comme cela se passait hier encore à l'Exposition de 1900.

La nouvelle section présentera une tenue très déterminée et répondant tout particulièrement aux activités initiatrices de l'architecte. Avec son titre « Génie de l'Architecture », elle n'est rien autre que le génie dans ses applications à l'habitation, comprise en tant que : habitation collective ou privée ; habitation permanente ou passagère.

Il est bien évident que l'architecture — comme art plastique — se développera dans un autre champ à l'Exposition de Saint-Louis, où le Département des Beaux-Arts lui offrira la place qui lui appartient, comme tel.

Mais, en ce qui touche le génie de l'habitation, nous sommes dans le Département des Arts Libéraux. Et là — pour l'Ingénieur comme pour l'Architecte — l'art réside uniquement dans la combinaison d'éléments que la science met à la portée des deux représentants de l'activité sociale.

Voyant là un terrain où les deux professions auront à échanger leurs compétences, M. Gaston Trélat a pensé qu'il était intéressant de saisir l'auditoire de la Société par un aperçu sur la façon dont le Génie civil et les Travaux publics seront représentés à l'Exposition de 1904.

La classification adoptée est la suivante : d'abord, le mot « Groupe » y tient lieu du mot « Classe », qui désignait auparavant l'unité répondant à toute une collection d'exposants pourvue d'organes spéciaux, tels que des Comités ou un Jury ; mais ce n'est là qu'une question de termes. Le changement dominant porte sur les divisions attribuées au Génie Civil et aux Travaux Publics. Elles passent de deux à trois et leurs Exposants seront répartis dans les trois Groupes suivants :

Le Groupe 25 comprendra les matériaux, le matériel et les procédés que le Génie met en œuvre ;

Le Groupe 26 comprendra cette mise en œuvre en vue de la solution que les Travaux Publics comportent ;

Le Groupe 27 comprendra l'habitation et tous ses éléments d'aménagement, aussi bien pour l'habitation collective et privée, que pour les habitations permanentes ou passagères. Là, seront exposés tous les élé-

ments techniques que l'Architecte peut avoir à combiner, à coordonner, en vue de la création d'ensembles d'édifices répondant aux besoins sociaux.

C'est sur cette dernière division que M. G. Trélat croit devoir attirer l'attention de la Société, car, dans ce Groupe, l'Architecture en tant qu'Art plastique n'a rien à voir, tandis qu'au contraire, il semble que l'Ingénieur pourra y prendre une place importante. Ce serait un centre indiscutable de collaboration pour l'Ingénieur et pour l'Architecte.

On doit même affirmer que son défaut aurait une influence regrettable sur la représentation de la France — en tant que Génie civil — au grand concours international de Louisiane.

M. le Président remercie M. Gaston Trélat d'avoir appelé l'attention de la Société sur les points qu'il vient de signaler.

M. Dibos a la parole pour sa communication sur *les Sondages de l'Atmosphère pour la traversée du Sahara en ballon.*

M. M. Dibos rappelle que le capitaine du génie Deburaux publia, en 1891, dans la *Revue du Génie*, une note montrant la possibilité de la tentative des voyages aériens au long cours par la méthode du guide-rope lourd et par ballons montés. On sait que le guide-rope fut inventé par Green.

Le capitaine Deburaux et son collaborateur, l'Ingénieur maritime Dibos, étudièrent ensemble le régime des vents dominants et fréquents régnant à la surface du globe tout entier, travail considérable.

Après de persévérants efforts, et grâce au recueil des nombreuses notes des voyageurs et explorateurs célèbres ; grâce aux multiples observations météorologiques puisées dans les rapports des missions Duveyrier, Hourst, Foureau-Lamy, etc., comme aussi dans les propres déplacements lointains des deux collaborateurs, et les consultations des remarquables documents techniques des Maury, des Labrosse, des Braux, des Pilot-Charts, etc., MM. Deburaux et Dibos déterminèrent que les vents alizés, outre leurs cours réguliers connus à la surface des océans, soufflaient également en direction constante à la surface des continents, et notamment à travers le Sahara, à partir du parallèle de Ghadamès.

Les mémoires et cartes, écrits par les deux collaborateurs, furent publiés par ordre du Ministre de la Marine, et couronnés par l'Institut de France.

M. Dibos décrit, dans sa conférence, les diverses péripéties et montre les diverses phases des lancements récents, à Gabès, de ballons-pilotes guide-ropants, non montés, destinés à tracer la voie aérienne à suivre pour, de Gabès, gagner le parallèle de Ghadamès, où les vents alizés doivent entraîner le futur aérostat monté, guide-ropant, à la vitesse de 20 *km* à l'heure.

Ces deux petits ballons : *Éclaireur*, 50 m^3 environ, et *Léo Dex*, 100 m^3 environ, munis de leurs guide-ropes et de délesteurs automatiques hydrauliques, furent lancés de Gabès au mois de janvier dernier.

Une mission, autorisée par le Ministre de la Guerre, et composée du capitaine Deburaux, du sergent aérostier du génie Bouchez, et du comte de Castillon de Saint-Victor, aéronaute civil, procéda au gonfle-

ment des deux petits ballons précités, qui furent lâchés de l'oasis d'Aïn-Zerig.

Le ballon l'*Éclaireur* fut malheureusement mis en pièces par les Arabes.

Le ballon *Léo Dex*, parti franchement dans la direction S.-S -O., accomplit un parcours de 600 *km*, mais fut ramené par un coup de sirocco vers le sud de la province de Constantine. Cette démonstration indiquait que, au point de vue aéronautique, les procédés du capitaine Deburaux étaient parfaits, mais que Gabès n'était pas assez à l'ouest et trop éloigné de Ghadamès.

Un ballon de 1 000 m^3, *le Transsaharien*, donné par le Ministère de la Guerre, sera ultérieurement lancé, non monté, d'un point plus à l'ouest.

Enfin, suivra le grand ballon de 11 500 m^3 et de 14 *m* de rayon, monté par quatre ou six aéronautes, naviguant au guide-rope lourd, et et pouvant demeurer plusieurs jours en l'air, afin de franchir une distance de 2 400 *km*, représentant la traversée de l'Afrique suivant une ligne orientée N.-E. au S.-O., et aboutissant au Niger.

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. Dibos de cette intéressante communication. On ne peut que se féliciter de voir des Français tenter de nouveau, par diverses manières, l'exploration de ces contrées, encore inconnues, de l'Algérie et des régions qui l'avoisinent.

M. BÉNARD a la parole pour sa communication sur les *Installations et le montage des Phares du Sud de la Mer Rouge.*

M. J. BÉNARD debute en faisant un court aperçu historique des différentes combinaisons successivement mises en avant pour l'exécution de ces feux, avant d'aboutir à celle, adoptée par le Sultan, de confier l'exécution à MM. Michel et de Vauréal, Administrateurs des phares de l'Empire Ottoman.

Des observations et des cartes de la mer Rouge ont montré l'utilité de ces feux.

La description des travaux préparatoires nous fait suivre :

1° Les travaux de la Commission de reconnaissance envoyée par MM. Michel et de Vauréal pour étudier sur place les conditions d'exécution.

Cette Commission était composée de : MM. Garnier, Ingénieur en Chef de l'Administration des phares de l'Empire Ottoman ; Desprat, Commandant des Messageries Maritimes ; Aly Riza Bey, Lieutenant de vaisseau de la Marine Impériale Ottomane; et l'Auteur de la Communication.

Les décisions de la Commission, exposées rapidement dans la Communication, traçaient très clairement la marche à suivre, les dispositions et les précautions à prendre ;

2° Les travaux d'exécution des tours et appareils. Des photographies prises dans les ateliers de construction de MM. Barbier, Bénard et Turenne, Constructeurs à Paris, et une courte description montrent les dispositions de cette partie de l'entreprise ;

3° L'étude des travaux de maçonnerie avec les dispositions successivement étudiées avant d'arrêter le type définitif; quelques détails mon-

trent les dispositions spéciales adoptées pour la préservation des bois, de l'eau douce et des parties métalliques ;

4° L'établissement des campements sur les îles, avant le commencement des travaux, pour y loger le personnel ;

5° L'achat d'un navire, les réparations et les différents aménagements qui y ont été faits ;

6° La composition du personnel.

Le Conférencier passe ensuite à la description de l'exécution, en commençant par un exposé du service fait successivement par l'*Afrique*, du 16 octobre 1901 au 20 mai 1902, puis par le *Scheikh Berkhud*, du 24 avril 1902 au 30 novembre de la même année.

Il indique également l'emploi qui a été fait de samboucks ou boutres arabes pour aider le service des navires.

Il expose successivement la marche du travail sur les différents chantiers en faisant observer que le travail n'a pas été interrompu pendant l'été malgré les températures très élevées que l'on a observées, jusqu'à 49° à l'ombre et sans que le thermomètre soit descendu au-dessous de 39° pendant plus de trois mois consécutifs.

Des photographies ont permis de suivre les différentes étapes du travail, les difficultés rencontrées dans les débarquements, dans les tracés des chemins sur les îles, dans la construction des maçonneries.

Les travaux étaient terminés vers le milieu de novembre 1902, en avance de deux ans sur le délai accordé.

Un court résumé des travaux montre : que les navires et samboucks ont eu à transporter plus de 10 000 *t* : que les chantiers, outre le montage des tours métalliques, ont extrait 14 000 m^3 de pierres, construit 5 750 m^3 de maçonneries de chaux ou de ciment pour lesquelles il a été employé 1 050 *t* de chaux et 300 *t* de ciment ; et qu'en outre 3 036 m^3 de maçonneries de pierres sèches ont été exécutées. Chaque chantier a comporté une moyenne de 150 Arabes et de 16 Européens pendant toute la durée du travail.

Le service des vivres a dû alimenter en moyenne 600 Arabes et 70 Européens par mois, ce qui a entraîné l'achat de :

2 650 moutons ; 42 bœufs ; 5 875 poulets ; plus de 100 000 *k* de farine ; plus de 100 000 *k* de légumes ; 29 000 *l* de vins ; 2 000 000 *l* d'eau distillée.

M. Bénard termine par quelques observations :

1° Sur les difficultés que l'on a rencontrées pour se servir de moyens mécaniques sur les chantiers ;

2° Sur les difficultés rencontrées avec le personnel en dehors de celles relatives à l'exécution du travail décrit dans le corps de la Communication ;

3° Sur le service médical et l'état sanitaire des chantiers.

M. le Baron Quinette de Rochemont dit que la très intéressante Communication de M. Bénard montre combien a été difficile l'exécution de ces phares, ainsi que la ténacité, l'endurance et la volonté qu'il a fallu pour arriver à mener à bien ces travaux. Nul, plus que M. Bénard, n'a fait preuve des qualités ci-dessus. Les travaux ont été conduits très rapidement, puisque l'achèvement a été en avance de deux années sur

le temps prévu, et font le plus grand honneur aux entrepreneurs qui en ont été chargés et à l'industrie française. C'est, en effet, à des Français que le Gouvernement ottoman s'est adressé, parce que les constructeurs de phares ont, en France, une supériorité incontestable, et qu'on ne trouve en aucun pays, rien de comparable en cette matière.

C'est à Fresnel que sont dues les premières applications des lentilles des phares et, jusqu'à présent, la France en a conservé à très peu près le monopole.

M. Quinette de Rochemont, qui dirige en ce moment le Service National des Phares et Balises, dit qu'à ce titre il tenait à adresser ses félicitations à M. Bénard, à sa Maison, et à ses Collaborateurs.

M. le Président remercie M. Quinette de Rochement des éloges qu'il a bien voulu décerner à notre Collègue et auxquels nous nous associons pleinement. Cette Conférence, très claire et très nette, a été des plus instructives.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de M. V. Dwelshauvers-Déry comme Membre honoraire, de

MM. L.-J.-G. Leflaive et A. Schweitzer comme Membres sociétaires, et de

M. J.-E. Navet comme Membre associé.

MM. Ch. Arquembourg, L.-J. Fleury, L. Guillet, J.-F. Meynier de Salinelles, J. Pillon, J.-B. Reymond sont reçus comme Sociétaires et

MM. V.-Ch. Le Maignent et A. Pérot, Membres associés.

La séance est levée à onze heures.

Le Secrétaire,
H. Lauvain.

RÉCENTS SONDAGES DE L'ATMOSPHÈRE

POUR LA TRAVERSÉE DU SAHARA EN BALLON

PAR

M. M. DIBOS

Un jour viendra où les vents supérieurs auront révélé au météorologiste la route invisible qu'ils parcourent dans les hauteurs de l'air. Alors on saura mettre le cap de l'aérostat sur un point déterminé de la rose des vents.

Les voyages d'exploration entrepris jusqu'à ce jour à travers les grands continents ont présenté de graves difficultés.

L'absence de civilisation des contrées traversées et l'obligation de ne pouvoir employer que des moyens de locomotion primitifs pour parcourir de vastes espaces semés d'obstacles naturels ont été une cause de fréquents insuccès pour les voyageurs, que leur origine européenne rend rebelles à supporter les climats extrêmes des contrées inexplorées, situées presque toutes dans les zones torrides ou glaciales.

S'affranchir du seul mode d'exploration employé jusqu'ici pour parcourir les régions inconnues, l'exploration à pied, si pénible et si lente, tel est le but vers lequel doivent tendre les efforts des voyageurs.

Grâce aux progrès de la science moderne, les continents civilisés peuvent être parcourus, aussi bien que les mers, par des modes de locomotion rapides et d'une grande perfection.

Sur terre, la création de chemins de fer constitue un immense progrès ; mais, comme les anciens modes de transport par routes et canaux, ils exigent une voie préalablement installée et aménagée, et font suivre au voyageur une ligne immuable dont il ne peut s'écarter qu'en empruntant les moyens de transport animaux. L'automobilisme exige des routes tracées.

Sur mer, la navigation à vapeur, substituée pour les longs parcours à la navigation à voile, a presque affranchi le voyageur des retards occasionnés par les variations atmosphériques et lui a permis d'atterrir sur tous les rivages baignés par les eaux des

océans. Mais aucun de ces modes, si perfectionnes, n'a pu être employé pour l'exploration de l'intérieur des grands continents et de certaines îles, aussi bien que des régions polaires, où l'absence de civilisation, l'impraticabilité des rivières, et d'ailleurs la solidification des mers ont été des obstacles insurmontables à leur utilisation.

Cependant, il est un chemin toujours ouvert, un chemin facile à parcourir et rapide, évitant au voyageur la fatigue de la marche, chemin où il ne rencontre ni rochers abrupts, ni forêts vierges, ni rapides de rivières, ni marécages malsains, ni banquises infranchissables, un chemin sans aucun obstacle, le chemin des airs.

L'exploration par voie aérienne, en effet, permet de s'affranchir des obstacles du sol et offre les avantages de l'exploration maritime avec cette supériorité de permettre le parcours de tous les points du globe sans exception.

Si l'homme avait à sa disposition une machine aussi parfaite que l'oiseau, et parvenait à la rendre assez puissante pour le soutenir et le transporter dans les airs lui et les objets nécessaires à son existence, la surface terrestre n'aurait plus aucun secret. Mais il n'en est pas ainsi et, loin d'avoir pu construire un appareil d'aviation, l'homme n'a su encore diriger, d'une façon parfaite, pour les employer à l'exécution de grands voyages, ces navires aériens appelés aérostats, dont la découverte est un effet admirable de la puissance de son génie d'invention.

Seule l'utilisation des aérostats non dirigeables peut permettre, dans l'état actuel de la science, d'exécuter de grandes explorations par voie aérienne et, en attendant que les travaux incessants d'éminents savants aient amené la possibilité d'un emploi pratique des aérostats dirigeables, force est de recourir aux premiers en recherchant les principes d'après lesquels ils doivent être construits et en étudiant les conditions atmosphériques, ainsi que les influences météorologiques des contrées à traverser.

Les courants de l'océan aérien baignent complètement le ballon, en l'entraînant avec leur vitesse propre, comme ils le font des nuages ; le navire aérien ne possédant aucun moteur qui lui permette de lutter contre cet entraînement, et ne pouvant prendre, pendant sa marche, aucun point d'appui sur le sol ne saurait, comme le fait le navire à voile, dont l'eau constitue ce point d'appui, utiliser, en la réglant, l'action du vent pour marcher dans la direction voulue ; il doit se laisser porter par lui

vers le but et s'arrêter quand sa direction n'est pas celle qui convient.

Une utilisation raisonnée des grands courants aériens réguliers du globe peut donc seule permettre à un aérostat d'entreprendre un voyage au long cours, c'est-à-dire franchir, dans une direction donnée, une distance de plusieurs milliers de kilomètres.

Comment devrait être constitué et quelle méthode de navigation devrait adopter un navire aérien capable d'exécuter un tel parcours ?

Quelles sont les contrées de la terre jusqu'ici inexplorées possédant des courants suffisamment réguliers pour y pouvoir accomplir une traversée en ballon ?

Tel est le double problème dont la solution indiquera dans quelle mesure les grandes explorations par voie aérienne sont possibles à l'heure actuelle.

Dès 1891, dans un article publié par la *Revue du Génie militaire*, le capitaine Deburaux, ancien élève de l'École Polytechnique, alors lieutenant à la compagnie d'aérostiers de Versailles, envisageait la possibilité d'exécuter en ballon des voyages aériens au long cours par une méthode nouvelle de navigation aérienne : la navigation au guide-rope lourd.

Cette méthode consiste essentiellement à mettre en permanence à la traîne, au-dessous de l'aérostat, le guide-rope inventé par Green, mais en donnant à ce guide-rope ou câble, un poids tel qu'il équilibre automatiquement le ballon, quelque intenses que soient les alourdissements ou les allègements produits par les variations de force ascensionnelle de la masse de gaz léger qu'il contient.

Cet équilibre réalisé, l'aérostat, théoriquement, ne dépense plus de lest pour se maintenir dans l'atmosphère ; pratiquement, il en dépense fort peu, et tel navire aérien qui, parti avec 500 *kg* de lest, eût dû atterrir au bout de vingt-quatre heures, peut demeurer dès lors six à huit jours en l'air.

Le guide-rope, on le sait, est un simple câble en chanvre ou en métal traînant sur le sol ; si le ballon se rapproche de terre parce qu'il s'alourdit, il dépose une plus grande longueur de son câble à la traîne et ainsi se déleste automatiquement d'un poids qu'il récupérera tout à l'heure, quand la cause passagère d'alourdissement aura cessé de se faire sentir.

A la même époque, le capitaine Deburaux et l'Ingénieur maritime M. Dibos, recherchaient si cette méthode de navigation

aérienne au long cours ne pourrait pas permettre de traverser le Sahara en ballon. On soupçonnait, en effet, alors vaguement, qu'à la surface du grand désert devaient souffler avec régularité, à certaines époques de l'année, des vents constants et réguliers, les vents alizés, dont l'existence fut reconnue de tout temps à la surface de l'Atlantique sous les mêmes parallèles.

De l'étude des rapports des explorateurs du Sahara central et des observations recueillies au cours de voyages divers, MM. Deburaux et Dibos conclurent que les alizés soufflaient en hiver au-dessous du parallèle de Ghadamès, avec une constance et une force suffisantes pour porter, de Ghadamès à Tombouctou (distance environ 2 400 *km*), à l'allure de 20 *km* à l'heure, soit en moins de cinq jours, un aérostat de 11 500 m^3 et de 14 *m* de rayon, marchant au guide-rope lourd, confié à un courant du nord-est. Les conclusions de MM. Deburaux et Dibos furent confirmées par les rapports des explorateurs colonel Marchand et Foureau-Lamy, etc., dont l'attention avait été attirée sur ces vents.

Dans deux ouvrages, très complets, intitulés : *les Aérostats et l'exploration du continent africain*, puis, *les Fleuves aériens*, publiés par les soins du ministre de la Marine, les deux collaborateurs traitèrent à fond la question.

Une carte à grande échelle, montrant le régime estival et hivernal des vents dominants et fréquents à la surface du globe tout entier, océans et continents, fut dressée par les deux collaborateurs et obtint les suffrages de l'Institut, de l'Observatoire, du Bureau central météorologique, des Services maritimes et hydrographiques. et, notamment, de feu le distingué savant météorologiste, M. Faye, de l'Institut.

Ces ouvrages furent couronnés par l'Académie des Sciences de Paris et l'Institut smithsonien de Washington.

A. — Le Sahara central est une région désertique.

Non seulement il est une des contrées les moins habitées du globe, mais encore il offre une nature de sol (sables et roches sans végétation importante, absence de terrains humides) des plus propices à la navigation avec câble à la traîne, c'est-à-dire au guide-rope ;

B. — Au-dessus du Sahara central soufflent, d'octobre à avril de chaque année, des vents régnants bien caractérisés venant du nord-nord-est et du nord-est.

Ces vents sont les vents alizés, vents généraux du globe, bien connus comme soufflant avec une extrême régularité à la surface des océans durant le semestre d'hiver sous les mêmes parallèles.

Depuis longtemps la preuve expérimentale est faite que les vents alizés soufflent avec une régularité parfaite, d'octobre à avril, du nord-est et du nord-nord-est, dans les parages océaniques compris entre les 30e et 5e degrés de latitude nord; tous les navigateurs, et ils sont des milliers, dont les bâtiments ont croisé dans ces régions, l'ont constaté.

A priori, il semble qu'il doive en être de même au-dessus des terres situées sous les mêmes latitudes, la cause déterminante de ces flux aériens tenant à la latitude et à rien autre.

MM. Deburaux et Dibos, dans leurs précédents ouvrages et, en particulier, dans celui qui a pour titre *Fleuves aériens*, ont montré qu'il en est bien ainsi.

Quoi qu'il en soit, nous allons remémorer ici les preuves du souffle constant des vents du nord-est et du nord-nord-est durant le semestre octobre à avril, au-dessus du Sahara central.

Ces preuves résultent des dires des voyageurs qui ont parcouru le Sahara central et qui rapportent y avoir constaté : soit la persistance des vents du nord-est et du nord-nord-est aux époques d'hiver, soit des phénomènes tels que : orientation des dunes de sables, déplacement périodique de masses d'eau, etc., dont la cause ne saurait être autre que l'action persistante d'un vent dont l'orientation de souffle est indiquée d'une façon absolue par la direction dans laquelle se produisent lesdits phénomènes.

Dans le tableau ci-après, nous nous contentons de rappeler les résultats qui découlent de ces rapports et observations, renvoyant pour le libellé des renseignements aux volumes précédents où ces libellés sont donnés *in extenso*.

Renseignements sur l'orientation et la fréquence des vents du Sahara central entre les mois d'octobre à avril.

LIEU D'OBSERVATION	DIRECTION DES VENTS principaux d'octobre à avril	FRÉQUENCE DE CES VENTS	RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR
Hassi-Inifel	N.-E.	Dominants.	Annales du bureau central météorologique de France.
Sahara algérien	N.-E. et E.	Les plus fréquents.	L'orientation des dunes, d'après Grisebach et Rolland.
Erg	E.	Dominants.	L'orientation des dunes et leur direction de marche, d'après Largeau et Duveyrier.
Ghadamès	E.	Dominants.	L'orientation des dunes, d'après Largeau.
Fezzân	N.-N.-E.	Les plus fréquents.	Nachtigal.
Entre Sedrata et Iferouane	N.-E.	Les plus fréquents.	Mission Foureau-Lamy.
Iguidi	N. et N.-W.	Dominants.	La direction des dunes, d'après Linz.
Côte saharienne de l'Atlantique	N.-E.	Dominants.	La marche des sables, d'après C. Douls, Karl Ritter, etc.
Ténériffe	E. et N.-E.	Les plus fréquents.	Annales du bureau central météorologique de

Sahara central	N.-E.	Dominants.	L'orientation des dunes, d'après Duveyrier.
Tombouctou	E.	Dominants.	Lieutenant Bluzet.
Rive gauche du Niger de Tombouctou à Say	N.-E.	Dominants.	Mission Hourst et rapports d'indigènes.
D'Agadès à Zinder	N.-E.	Les plus fréquents.	Mission Foureau-Lamy.
Oasis de Kawar	N.-E.	Dominants.	L'orientation des dunes, d'après Monteil et divers (Reclus).
De Kawar à Kouka	E. et N.	Les plus fréquents.	L'orientation et la nature des dunes, d'après Monteil.
Bas-Sénégal	N.-E.	Régnants.	Docteur Borius, etc.
Kita, Haut-Sénégal	N.-E. et E.	Dominants.	Docteur Dupouy et un officier du génie (anonyme).
Soudan français	N.-E.	Dominants.	L'Exploration.
Louakoby (près Sokoto)	E.	Dominants.	L'orientation des dunes, d'après Monteil.
Nadeidja (13 degrés N, 8 degrés E environ)	E.	Les plus fréquents.	Monteil.
Bornou	N.-E.	Dominants.	Divers (Reclus).
Rive septentrionale du lac Tchad	N. et N.-E.	Les plus fréquents.	L'orientation des dunes, d'après Nachtigal.
Bedouaram	E. et N.	Les plus fréquents.	L'orientation et la nature des dunes, d'après Monteil.
Zan-Kebir (près Dibbéla)	N.-E.	Deminants.	L'orientation et la nature des dunes, d'après Monteil.
Pays riverains du lac Tchad	N.-E. et E.	Les plus fréquents.	Missions françaises.
Bir e Mam (au N.-W. du lac Tchad)	E.	Dominants.	L'orientation et la nature des dunes, d'après Monteil.
Ouadai	N.-E.	Dominants.	Divers (Reclus).

On voit qu'au Sahara français et dans les régions immédiatement voisines, les vents les plus fréquents, souvent dominants, d'octobre à avril, sont compris entre le nord et l'est. Il n'est à cette règle qu'une exception. Dans la région occidentale du Sahara se trouve une immense étendue de sables : l'Iguidi, qui, comme le désert de Lybie, à l'Orient, et pour les mêmes causes, quoique à un moindre degré, constitue par son échauffement sous l'action du soleil des tropiques un vaste foyer d'appel des airs, la température de l'air au contact de ses sables brûlants croît, cet air échauffé monte et, de toutes parts aux alentours, l'air des régions voisines converge vers l'Iguidi pour combler le vide ainsi formé. Le renseignement qui indique aux abords de l'Iguidi des vents du nord et du nord-ouest comme dominants est dû à l'explorateur Linz ; il lui a été fourni par l'orientation des dunes, il offre donc une valeur incontestable; mais si l'on observe quel fut l'itinéraire suivi par Linz et, par conséquent, les points du Sahara où eurent lieu ses observations, on constate que ces points sont situés au nord et à l'ouest de la surface sablonneuse de l'Iguidi; rien d'étonnant, après cela, qu'il ait été noté en ces lieux des vents du nord et du nord-ouest, déviation inférieure de l'alizé du nord-nord-est due à l'intense foyer local d'appel d'air constitué par ce désert.

Partout où à la surface du Sahara central ont été constatés des vents du nord et de l'est, le même raisonnement s'applique, ce sont là des déviations inférieures locales de l'alizé du nord-nord-est ou du nord-est dues à des causes locales plus légères et, comme telles, donnant lieu à des déviations moindres du grand flux aérien qui n'en reste pas moins, dans sa direction générale, un courant allant du nord-nord-est ou du nord-est vers le sud-sud-ouest ou le sud-ouest.

Et, qu'on le remarque bien, ces déviations partielles et légères du vent dominant, on peut même dire régnant exclusivement, d'octobre à avril, au-dessus du Sahara français, sont certainement, vu leurs origines, des déviations qui l'intéressent seulement dans ses couches inférieures. Il a été montré que l'alizé régnait sous les tropiques sur une hauteur moyenne de 3000 *m* environ, notion fournie par la direction de marche des nuages, de fumées volcaniques, il est manifeste que les causes terrestres de ces légères déviations de route ne sauraient l'influencer sur une pareille hauteur ; elles ne peuvent même l'influencer que jusqu'à quelques centaines de mètres d'altitude, puisque leur origine tient au sol.

L'aérostat, naviguant à une altitude moyenne de 400 *m*, sera donc vraisemblablement entraîné par la portion non déviée de l'alizé, et sa route, au lieu d'être la route en zigzag nord-sud, est-ouest ou nord-est au sud-ouest que pourrait faire croire le précédent tableau, se rapprochera beaucoup de la loxodromie qui va du nord-est au sud-ouest, du point de départ du voyage vers la région d'atterrissage.

Pour terminer cette discussion, qu'on permette une dernière remarque qui, elle, a la simple valeur d'une hypothèse.

Les explorateurs qui ont noté les directions de vent plus haut reportées l'ont généralement fait de façon incidente, sans songer que leurs remarques pussent avoir plus tard une importance quelconque. Ils ont dû ne pas attacher grande précision à leurs observations et, le plus souvent, n'observer et n'indiquer que *grosso modo* la direction en question; si celle-ci tendait vers le nord-nord-est, ils ont pu parfaitement, par exemple, inscrire de façon sommaire : « nord » sur leur carnet de voyage.

Si ces explorateurs avaient eu leur attention attirée sur l'intérêt que pouvait présenter la connaissance de la direction des vents au Sahara, certainement ils eussent apporté plus de soin encore à noter exactement les rhumbs et, au lieu de nord ou d'est, leurs renseignements eussent peut-être dit, par suite simplement de plus de précision, nord-nord-est ou nord-est. C'est ainsi que le lieutenant de vaisseau Hourst, l'explorateur bien connu, alors qu'il attendait au Sénégal une époque favorable pour entreprendre sa belle descente du Niger en bateau, ayant lu dans la *Revue maritime et coloniale* ce que MM. Deburaux et Dibos disaient de la constance des alizés au Sahara, résolut de vérifier, au cours de sa descente du Niger, si ces dires étaient exacts.

Il nota méthodiquement les rhumbs quotidiens des vents au fur et à mesure qu'il allait de Tombouctou à Say et fut frappé de l'absolue constance des vents du nord-est; il interrogea les indigènes sahariens sur son parcours et obtint d'eux une confirmation de ses observations pour tout l'ensemble du Sahara; aussi revint-il en France persuadé, pour l'avoir constaté, que l'alizé du nord-est (peut-être du nord-nord-est au nord du tropique) est vent régnant, absolument régulier en force et direction au-dessus du Sahara français, d'octobre à avril chaque année, et demanda à MM. Deburaux et Dibos : « Quand partons-nous pour traverser le Sahara en ballon ? »

Il semble donc bien démontré que, tout au moins durant les mois voisins du solstice d'hiver, les vents alizés oscillants du nord-nord-est au nord-est soufflent à la surface du Sahara français entre les parallèles nord 30 et 15 degrés, et ceci avec une absolue constance de souffle, de direction et de force, à l'altitude moyenne de navigation de l'aérostat précédemment défini.

Dans un ouvrage précédent, déjà plusieurs fois cité, il a été montré que leur vitesse de marche à cette même altitude était de 9 à 10 *m* à la seconde (32 à 36 *km* à l'heure) et de 6 à 7 *m* (22 à 25 *km* à l'heure) à l'altitude de 150 *m*; nous le rappelons ici simplement;

C. — Même en hiver, il ne neige pas au Sahara et les dépôts de givre, quand il s'en produit, y sont insignifiants;

D. — En prenant pour vitesse moyenne de l'alizé la plus faible des vitesses ci-dessus, on a vu précédemment que le parcours que pourrait effectuer l'aérostat ne serait pas inférieur à 3 500 *km*, il pourrait atteindre 5 200 *km* et l'on admettait le chiffre de 36 *km* à l'heure pour la vitesse moyenne de l'alizé; or, du fond du golfe de Gabès à la région des établissements français des bords du Niger, la distance mesurée suivant la loxodromie la plus longue est de 2 400 *km*, à peine supérieure, d'ailleurs, à la distance franchie par MM. de la Vaulx et de Castillon, en ballon libre, de Paris à Kiew;

E. — L'aérostat étant, comme on le verra plus loin, supposé partir du fond du golfe de Gabès, la région d'atterrissage serait soit les rives du Niger, soit la colonie du Sénégal; les postes français sont assez nombreux en ces contrées et le pays assez peuplé pour que l'arrivée de l'aérostat y soit rapidement connue de nos nationaux et son épave vite recueillie.

Le point de départ de l'aérostat devrait être tel que, par l'utilisation de l'alizé du nord-nord-est et du nord-est, l'esquif aérien atteigne le Niger dans sa boucle supérieure ou, à son défaut, la colonie du Sénégal. Le matériel aérostatique devrait pouvoir y être amené facilement de France. Il devrait offrir certaines ressources capables de faciliter les opérations du gonflement et du lancer. Ses approches devront n'être pas semées d'obstacles susceptibles d'entraver la marche de l'aérostat ou de lui causer des pertes de lest prématurées. Il devrait, autant que possible, être situé en territoire français.

Si on consulte la carte de l'Afrique nord-occidentale, on voit que le fond du golfe de Gabès est, *a priori*, la région qui semblait le mieux satisfaire à ces conditions.

Les savants et les techniciens ne mettaient plus en doute l'existence des alizés au Sahara central; mais, à la méthode de navigation aérienne préconisée par le capitaine Deburaux, on faisait diverses objections :

1° Le guide-rope étant trop lourd, l'aérostat ne pourra l'entraîner et sera couché sur le sol par la moindre rafale ;

2° Le guide-rope s'accrochera et immobilisera indéfiniment le ballon.

A ces objections, l'auteur répondait : « Je munirai l'aérostat de voiles inclinées qui le transformeront en un véritable cerf-volant, de sorte que, plus le vent sera fort, plus il tendra à s'élever ; » — or l'expérience devait confirmer ces conclusions. L'auteur ajoutait : « Je composerai mon guide-rope d'un fil d'acier parfaitement homogène et il ne pourra s'accrocher ; » — l'aérostat *Léo-Dex* en franchissant d'un seul jet plus de 600 *km* avec guide-rope lourd en acier à la traîne, devait démontrer victorieusement qu'il en était bien ainsi.

Entre temps, le capitaine Deburaux, devenu commandant d'une compagnie d'aérostiers, expérimentait en France, avec le concours du lieutenant Destouches, sa méthode de navigation au guide-rope lourd ; mais le souci de ne point causer de dégâts aux propriétés lui interdisait de l'essayer complètement.

La question étant mûre pour l'expérimentation au Sahara, et M. Dibos étant retenu en mission technique par ailleurs, le capitaine Deburaux s'en ouvrit au comte de Castillon de Saint-Victor, qui accepta de l'aider de ses remarquables connaissances de la pratique de l'aérostation. On résolut de scinder en trois séries les expériences ; on entendait, en effet, livrer le moins possible au hasard.

La première série devait avoir pour objet de déterminer, au moyen de ballons de faible volume, un point du Sahara tunisien ou algérien où l'on pût lancer des aérostats avec quasi-certitude de les voir porter par un vent temporaire de nord jusqu'à la région où commence l'alizé régulier. Gabès semblant répondre à la question avec des vents fréquents du nord-est, les deux collaborateurs choisirent cette oasis d'un accès aisé, puisqu'elle est située au bord de la mer et en terre française. De Gabès à la zone des alizés sahariens, on compte de 400 à 500 *km* seulement.

L'exécution d'un long parcours aérien, par un aérostat non monté, n'est pas *a priori* impossible. Le 7 octobre 1901, MM. Paul et Léon Gaillard lancèrent, de Paris, un ballon en papier huilé de moins d'un mètre cube de capacité, gonflé au gaz d'éclairage. Ce ballon alla atterrir dans le Jura, après un parcours de 350 *km*. Puisqu'un ballon aussi précaire qu'un globe de papier de 840 *l*, non pourvu d'appareils délesteurs automatiques, a pu franchir 350 *km*, il ne semble pas impossible qu'un ballon en soie vernie et d'un cube 50, 80 ou 1 000 fois plus considérable, muni d'appareils délesteurs automatiques, arrive à franchir, le vent aidant, une distance huit fois plus grande.

Il suffisait donc, pour la première expérience projetée, de lancer, de Gabès, de petits aérostats non montés, capables de couvrir cette distance. Le *Léo-Dex*, avec ses 87 m^3 de capacité, lui conférant une force ascensionnelle voisine de 100 *kg*, répondait largement à la question ; l'*Eclaireur*, avec 48 m^3 seulement, y répondait tout juste. On pouvait même, à la rigueur, espérer d'un hasard heureux que ces aérostats, servis par des conditions exceptionnellement favorables, réussiraient à atteindre Tombouctou, rendant ainsi inutile la deuxième expérience.

Cette deuxième expérience doit consister en le lancement d'un ballon d'un volume suffisant (plus de 650 m^3) pour pouvoir, non monté, traverser complètement le Sahara.

Quant à la troisième expérience, elle n'était autre que le voyage, à travers le grand désert, d'un aérostat monté par quatre ou six aéronautes.

Le Ministère de la Guerre ayant donné aux expérimentateurs un ballon de 1 000 *m*, ce ballon fut aménagé aussitôt en ballon cerf-volant en vue de la deuxième série d'expériences. Il comporte un ballonnet à air automatique, un délesteur automatique en tôle de fer contenant 600 *l* d'eau et un guide-rope en acier de 700 *m* de longueur, muni de dix points de rupture préparée, ayant pour but d'empêcher le transsaharien d'être rendu captif par l'accrochage de son guide-rope ou la saisie du câble par les indigènes. Il sera lancé ultérieurement.

Le délesteur automatique est une caisse métallique à eau, munie, à sa partie inférieure, terminée en cône, d'une soupape en bronze que tend à ouvrir un ressort faisant appel de bas en haut. Cette soupape est traversée par une tige métallique à laquelle est fixé un fil de cuivre rouge (de 4 *mm* de diamètre). A l'extrémité inférieure de ce fil pend une sphère d'acier roulant

dans son anneau suspenseur. Le poids de cette sphère est calculé de manière à abaisser constamment le ressort de soupape tant que ladite sphère forme pendule dans l'espace.

Si l'aérostat s'abaisse et que la sphère vienne en contact avec le sol ou un obstacle, immédiatement le ressort fait appel, soulage la soupape équilibrée et l'eau s'écoule d'une quantité calculée formant lest. Délesté, le ballon remonte, amenant avec lui la sphère d'acier, qui referme, par son poids, la soupape du délesteur hydraulique.

En même temps étaient construits, dans les ateliers de M. Mallet, a Paris, et par l'Ingénieur Stichter, à l'usine Balsan, de Châteauroux, les deux ballons *Eclaireur* et *Léo Dex*, ce dernier sur le modèle du transsaharien avec voiles cerf-volant, les unes vertes, les autres rouges, délesteur automatique en carton laqué et guide-rope en acier de 167 *m* de longueur. Malheureusement, la faiblesse de volume de ces deux ballons ne pouvait permettre de munir leurs guide-rope de points de rupture préparée.

L'expédition, composée de MM. Deburaux, de Castillon et du sergent d'aérostiers Bouchez, mis à la disposition des aéronautes par le Ministre de la Guerre, s'embarqua à Marseille pour Gabès, le 31 décembre, à bord du paquebot *Félix-Touache*.

La voiture à fabrication d'hydrogène fut placée sur le pont du paquebot et débarquée à Sfax. Le reste du matériel aérostatique fut transbordé en rade de Gabès et mis à terre.

A Gabès, le sergent Bouchez confectionna en papier et gonfla de petites montgolfières destinées à être lancées chaque jour à diverses heures de la journée pour connaître l'orientation du vent.

Après certaines reconnaissances effectuées par les membres de la mission autour de Gabès, on décida de choisir l'oasis d'Ain Zerig pour y placer le camp et y effectuer les opérations de gonflement et de lancement.

Cinquante hommes du bataillon d'Afrique (joyeux) et les sapeurs du génie détachés à Gabès furent désignés par l'autorité militaire pour servir d'auxiliaires aux manutentions générales du gonflement et du lancement des aérostats.

Un piquet de cinq joyeux en armes servit de garde diurne et nocturne

L'oasis comporte naturellement une source qui fut précieuse pour la fabrication de l'hydrogène, obtenue suivant la méthode règlementaire du traitement de la tournure de fer par l'acide sulfurique.

Une ferme, sans nom géographique connu d'ailleurs, est sise à deux encablures de l'oasis.

Le matériel fut donc amené par les soins du train militaire, les voitures étant attelées de mules.

Le camp prit aussitôt une grande animation, car des notabilités militaires et civiles vinrent en nombre de Gabès en des environs. Le terrain choisi pour établir la plate-forme de gonflement était situé entre les deux tentes militaires sises au sud de l'oasis.

Une corvée de joyeux fut désignée pour régaler le sol au droit de la plate-forme de gonflement et créer un caniveau de déversement des eaux sulfatées.

Après une attente de quelques jours, le ballon *l'Éclaireur* fut lancé, mais la brise qui le portait étant tombée, cet aérostat, dont le gonflement avait pris quinze minutes, ne tarda pas à se rapprocher de terre et fut saisi par la foule arabe qui le mit trop à mal pour pouvoir continuer un fructueux essai.

Les dispositions prises pour la préparation, le gonflement et l'arrimage des deux ballons-sondes ayant été semblables, nous ne décrivons que les phases du départ du *Leo-Dex*.

Deux jours plus tard, en effet, après la destruction de *l'Éclaireur*, le vent de nord-est s'étant parfaitement établi, le capitaine Deburaux décida de lancer le *Leo-Dex*, c'est-à-dire le 16 janvier 1903.

Vers une heure, les aérostiers, gantés de gants de coton blanc pour éviter des déchirures par les ongles à l'étoffe de l'aérostat, apportèrent le *Leo-Dex* et lovèrent doucement cette étoffe en la disposant en épervier, l'hémisphère supérieur au-dessus.

On prépara à proximité : la nacelle, contenant trois pigeons voyageurs des colombiers militaires; le guide-rope portant un *serpent en acier* et une flamme tricolore en soie de 4 *m* de longueur, puis le délesteur automatique contenant 4 *l* d'eau.

L'opération du gonflement commença à deux heures.

Entre temps de petits ballons-pilotes en papier furent lancés également et assurèrent la constance du vent de nord-est.

Le ballon, maintenu par ses cordes équatoriales, ne tarda pas à soulever sa voilure en pyramide triangulaire.

Quand il fut presque plein, on le laissa monter progressivement et on procéda à l'arrimage de la nacelle, du guide-rope, de la flamme tricolore et du délesteur automatique hydraulique qui furent accrochés au cercle de suspension.

Au préalable, la nacelle avait été pourvue de ses baromètres et thermomètres enregistreurs, de grain et d'eau pour les pigeons voyageurs, enfin, ces derniers y avaient été enfermés.

A trois heures, tout était terminé.

Au « lâchez tout », exécuté avec ensemble, le *Leo-Dex* s'envolait, soulevant son guide-rope d'acier et tous ses apparaux avec une force naturellement décroissante au fur et à mesure que son guide-rope le surchargeait. Il s'équilibrait à une altitude d'environ 500 *m* et prenait la direction marquée alors par le soleil.

Du camp d'Ain-Zérig on put le suivre à l'œil nu une heure durant, puis il disparut dans l'éloignement.

Une patrouille de quatre spahis avait été chargée de l'accompagner à vue jusqu'au pied des monts Matmata qui barrent au sud-ouest l'horizon de Gabès. Les spahis rentrèrent le lendemain matin en annonçant qu'ils avaient pu suivre le *Leo-Dex* jusqu'à 5 lieues de distance. A ce moment l'aérostat, gagnant constamment sur eux, gravissait les pentes des monts Matmata à l'allure d'un cheval au galop. Les spahis estimaient sa distance de Gabès à 35 *km* à l'instant où ils l'avaient perdu de vue dans la montagne. Sa direction de marche continuait vers le sud-ouest.

Le surlendemain du départ, le fils du Kalife des Beni-Zid faisait savoir qu'à la tombée de la nuit, le 16, l'aérostat avait traversé un campement d'Arabes nomades de l'autre côté des monts Matmata, conservant la même vitesse et la même direction ; le ballon entrait alors dans la région des dunes du Grand Erg, c'est-à-dire en pays complètement désertique.

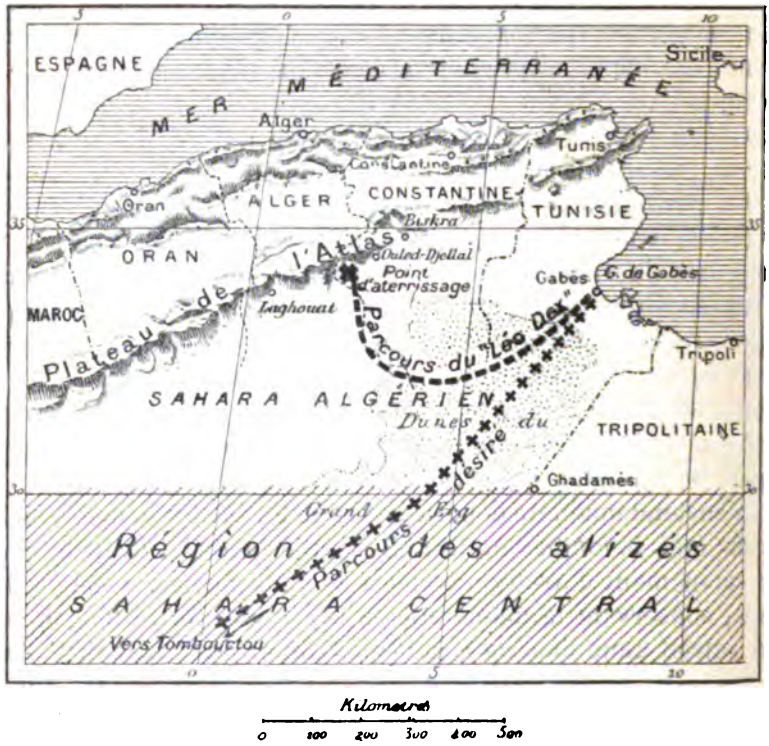
On resta ensuite sans nouvelles, et le vent du nord-est ayant continué à souffler à Gabès durant trois jours, on avait tout lieu d'espérer que, porté par lui, le *Leo-Dex* avait franchi en vingt heures les 400 *km* qui le séparaient de la région des alizés.

L'étonnement fut universel quand arriva à Gabès, le lundi soir, un télégramme du chef du poste d'Ouled-Djellal annonçant qu'un ballon venant du sud avait été atterri par les indigènes aux limites des provinces de Constantine et d'Alger, à 90 *km* de ce poste, soit à 600 *km* à l'ouest de Gabès dans la soirée du 17.

Il résultait de ce télégramme que le *Leo-Dex* avait été arrêté dans son essor après au moins vingt-six heures de voyage ininterrompu au guide-rope, et qu'il avait été ramené du sud par un coup de siroco avant d'avoir atteint la région des alizés.

Au point de vue aérostatique, les expérimentateurs avaient

cependant lieu d'être satisfaits, car leur aérostat était, *bien que non monté*, resté en l'air un temps qui n'a été qu'exceptionnellement dépassé, et avait couvert une distance remarquable pour un ballon d'aussi petit volume. Durant ce long parcours, son guide-rope ne s'était pas accroché et, malgré la violence des vents, le ballon fonctionnant en cerf-volant ne s'était pas couché;



les trois pigeons voyageurs placés dans la nacelle y étaient en effet encore, ce qui prouvait que cette nacelle, dont la porte était organisée pour s'ouvrir automatiquement au premier contact avec le sol, n'avait touché terre à aucun moment.

Si un ballon de 87 m^3 s'était ainsi comporté, nul doute qu'un ballon de 700 à 1 000 m^3 non monté ne soit capable de franchir les 2 300 *km* de la traversée oblique du Sahara.

Mais l'expérience a démontré aussi que Gabès n'est pas un point de départ sûr pour une traversée du Sahara. Il faudra en chercher un autre, plus au sud, et plus à l'ouest aussi probablement, pour le lancement du transsaharien de 1 000 *m*.

Probablement Touggourt serait désigné pour la future tentative.

QUELQUES PROGRÈS RÉCEMMENT RÉALISÉS

DANS LES

MACHINES A VAPEUR

PAR

M. P. ARRACHART

A l'occasion de l'Exposition Universelle de Paris en 1900, notre Collègue, M. Compère, a présenté à la Société des Ingénieurs Civils, dans sa séance du 18 janvier 1901, une étude très intéressante sur « Les Chaudières et les Machines à l'Exposition de 1900 ».

M. Compère a complété son premier travail par sa communication du 21 novembre 1902 sur « Les Chaudières et les Machines à vapeur à l'Exposition de Dusseldorf » ; ces deux mémoires ont certainement retenu, à juste titre, l'attention des membres de notre Société.

Avant d'aborder le sujet qui fait l'objet de la communication que je vais avoir l'honneur de vous présenter, je vous demande la permission de vous faire connaître brièvement le résultat des observations que j'ai consignées dans un rapport sur les machines à vapeur remis à la Compagnie de Fives-Lille, le 11 novembre 1900. Cette rapide révision des principales caractéristiques des machines qui figurèrent à notre Exposition de 1900, me permettra de justifier, en les expliquant, certaines dispositions qui ont prêté à la critique, et d'en rappeler d'autres sur lesquelles il me semble utile d'insister.

Les termes de ce rapport sont les suivants :

Quand on pénètre dans la galerie des groupes électrogènes, on est d'abord frappé par l'énorme accroissement de la puissance des unités exposées. Cet accroissement, dû principalement aux progrès rapides de l'industrie électrique, a plus que quintuplé dans les onze dernières années ; voir tableau n° 1.

TABLEAU N° 1.

EXPOSITION DE	NOMBRE DE MOTEURS en service	PUISSANCE TOTALE développée	PUISSANCE MOYENNE par unité
1867.	52	865 *ch*	16,6 *ch*
1878.	41	2530	64
1889.	31	5300	170
1900.	37	36000	975

Pour répondre aux exigences de l'électrotechnique par la création de groupes électrogènes moins coûteux et peu encombrants, les constructeurs ont été amenés à augmenter la vitesse de rotation de leurs moteurs, et la pression de la vapeur à l'admission.

C'est ainsi que le nombre de tours varie actuellement de 80 à 125, le premier chiffre étant à peu près la vitesse limite des machines à distribution Corliss. La vitesse du piston a subi de ce fait une augmentation sensible ; elle dépasse 4 *m* dans un certain nombre de machines.

La pression de la vapeur était, à l'Exposition, de 11 *kg* par centimètre carré ; mais quelques constructeurs avaient établi leurs machines pour des pressions supérieures. Le tableau II indique les données générales des principaux moteurs, qui figuraient à l'Exposition de 1900.

En raison de l'augmentation de pression de la vapeur d'admission, le tiroir-plan, malgré ses excellents états de services, a presque complètement disparu, et les organes de distribution actuels sont les robinets Corliss et les soupapes à sièges multiples.

Les premiers sont presque exclusivement employés dans les moteurs de la Section française, tandis que les seconds sont adoptés dans la plupart des moteurs de la Section étrangère. Dans cette dernière, principalement dans l'Exposition de l'Autriche-Hongrie, on remarquait, pour les machines à expansions multiples, des types mixtes dans lesquels, les cylindres à haute pression avaient des distributions par soupapes, et les cylindres à basse pression, des distributions par robinets Corliss. Cette disposition est tout à fait justifiée, car l'organe distributeur est approprié à la pression de la vapeur dans le cylindre qu'il dessert ; on peut cependant lui reprocher une plus grande complication.

Les mécanismes de commande des organes distributeurs varient avec chaque constructeur ; ils peuvent se diviser en deux classes :

1° Les mécanismes à déclic ;

2° Les mécanismes à commande desmodromique.

La commande par cames est peu employée.

Enfin, les machines de la Section étrangère sont généralement disposées pour l'emploi de la vapeur surchauffée, tandis que, à l'exception de la machine Biétrix, on ne voit aucune application de ce genre dans la Section française.

En résumé, augmentation de la puissance des unités, augmentation de la vitesse de rotation et de la pression de la vapeur, emploi de la surchauffe, telles sont les caractéristiques principales des machines exposées, et qui ont dicté à chaque constructeur les dispositions qu'ils soumettaient à l'appréciation du Jury et du monde industriel.

Régulation.

Jusqu'ici, mes observations sont parfaitement d'accord avec celles que M. Compère a présentées dans son mémoire de 1901 ; mais il n'en est plus ainsi lorsqu'il s'agit de la régulation dans les machines Compound.

Dans ce travail, notre Collègue dit :

« En ce qui concèrne les machines Compound, le régulateur agit sur l'admission au petit cylindre seulement ; dans quelques machines toutefois, il agit en même temps sur le grand cylindre ; cette double action semble une erreur, car c'est en faisant varier le volume de vapeur admis, c'est-à-dire l'admission au petit cylindre seulement, qu'on répondra aux variations de charge ; l'action simultanée sur le grand cylindre peut, d'ailleurs, entraîner des contre-pressions ».

Je ne partage pas cette opinion.

La Compagnie de Fives-Lille, la Société française de Constructions mécaniques, les Établissements Van den Kerchove, etc., avaient exposé en 1900 des machines à vapeur Compound, dans lesquelles le régulateur agissait simultanément sur les mécanismes de détente des deux cylindres. Cette disposition est justifiée par la préoccupation qu'avaient ces constructeurs d'assurer une répartition satisfaisante du travail entre les deux cylindres, pour des charges d'intensité très variable. Elle assure, en outre,

au régulateur une action très prompte et très énergique sur la machine et réduit ainsi l'amplitude et la durée des périodes d'accélération ou de ralentissement consécutives des variations brusques de la charge.

Seule, la machine de la Compagnie de Fives-Lille avait deux régulateurs tournant à la même vitesse ; leurs manchons étaient reliés par un arbre transversal qui assurait l'identité de leurs déplacements. En somme, ces deux régulateurs n'en faisaient qu'un (1).

Il est bien évident que la variation de l'admission au petit cylindre seul, entraîne la variation de puissance, mais l'équilibre des travaux sur les deux pistons n'existe plus dès que l'on s'écarte même très peu de la puissance normale de la machine. L'action simultanée du régulateur sur la distribution des deux cylindres a précisément pour effet d'élargir les limites dans lesquelles ces deux travaux restent sensiblement égaux.

Quant aux craintes de contre-pressions dans le réservoir intermédiaire, il n'y a pas lieu de s'en préoccuper même pour une variation brusque et importante dans l'admission. Le receiver est d'ailleurs muni d'une soupape de sûreté destinée à parer à toute éventualité.

Ce mode d'action du régulateur est extrêmement répandu en Amérique dans la disposition Cross-Compound et il est permis d'affirmer que les constructeurs de machines à vapeur de ce pays ne l'ont adopté qu'après en avoir reconnu les avantages.

Certains Ingénieurs Allemands partagent cette opinion ; ils préfèrent cependant, lorsqu'il s'agit de la production de l'électricité destinée aux transports de force, employer des machines jumelles dans lesquelles l'action du régulateur est beaucoup plus prompte, et qui offrent, de plus, cet avantage que les efforts sur les manivelles sont rigoureusement identiques.

On peut citer comme exemple de cette disposition la machine de la « Grevenbroich Maschinenfabrik » qui se compose de deux machines compound tandem munies chacune d'un régulateur, et dont les pistons agissent sur deux manivelles calées à 90 degrés aux extrémités d'un même arbre.

(1) La station d'électricité de Malakoff comprend trois machines compound d'une puissance de 1 200 *ch* chacune, dont deux ont exactement les dispositions de la machine de la Compagnie de Fives-Lille, et l'autre n'a qu'un seul régulateur agissant sur le petit cylindre. Les deux premières, déchargées de 1 200 *ch* à 500, reprennent leur régime en moins de 10 secondes, tandis que, dans les mêmes conditions, la troisième machine met plus d'une minute.

Je terminerai cet aperçu sur la régulation des machines à vapeur par une description succincte de deux régulateurs à ressort qui présentent quelques avantages sur beaucoup de ceux actuellement en usage.

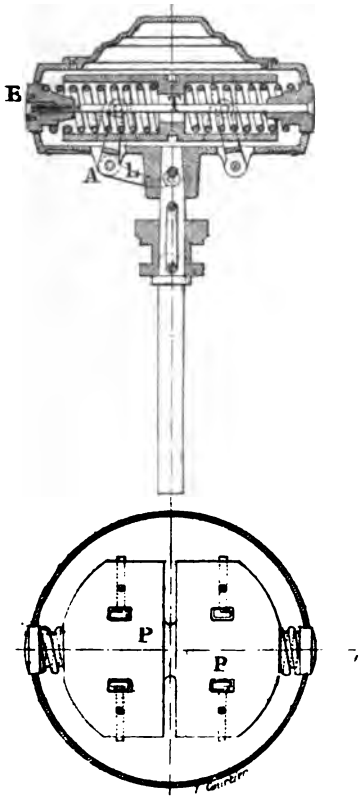


Fig. 1.

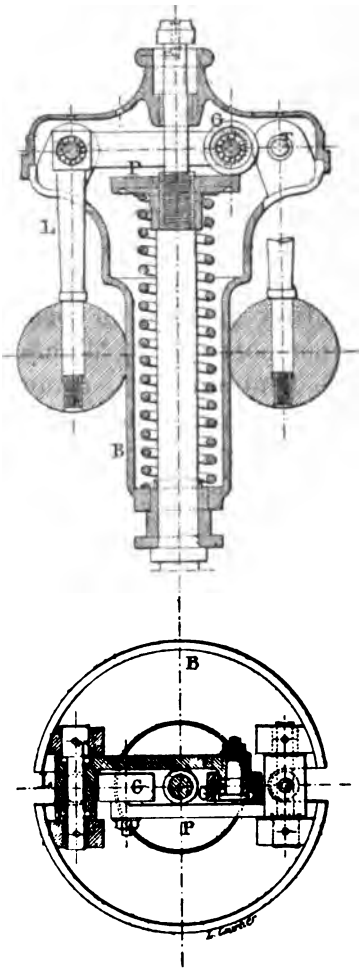


Fig. 2.

L'un, le régulateur Hartung, était appliqué sur plusieurs machines de la section allemande à l'Exposition de Paris en 1900, ainsi que sur les machines de la Gutehoffnunshütte, de la Grevenbroich Maschinenfabrik, etc., à l'exposition de Dusseldorf.

La principale différence entre cet appareil et les divers régulateurs existants consiste en ce que dans ces derniers, les arti-

culations supportent et la poussée du ressort et la force centrifuge, tandis que dans le régulateur Hartung, ces deux forces s'équilibrent directement, les articulations restant en dehors de leur action.

Il se compose de deux poids mobiles P *(fig. 1)*, contenant, chacun à l'intérieur, un ressort dont la tension est réglée par un écrou E mobile sur une tige T. Les deux ressorts se comportent comme s'ils ne faisaient qu'un. Sous l'action de la force centrifuge, les poids P se déplacent symétriquement en chargeant également les ressorts, et leurs déplacements sont transmis au manchon par l'intermédiaire des leviers L articulés en A. Ce régulateur possède une grande sensibilité et son action sur la distribution est très énergique.

L'autre régulateur du système Kienast est également à ressort et se compose *(fig. 2)*, d'une boite B, mobile autour d'un arbre qui ne l'entraîne pas, comme cela a lieu dans la plupart des régulateurs, par l'intermédiaire d'une clavette, mais seulement par le frottement du ressort qui s'appuie, d'une part, contre le plateau P, fixé sur l'arbre, et d'autre part, contre le fond de la boîte à ressort.

Cette disposition supprime le frottement dû à cette clavette, frottement qui s'oppose aux oscillations du manchon.

La boîte à ressort forme une seule pièce avec le manchon et glisse dans deux douilles placées, l'une en bas dans le manchon, l'autre, en haut dans le couvercle, ce qui constitue un guidage parfait de la partie mobile.

Deux leviers coudés L, oscillent autour des axes T, fixes dans des oreilles venues de fonderie avec la boîte à ressort.

L'une des extrémités de ces leviers s'appuie sur le plateau, au moyen de galets G.

Quand les boules s'écartent sous l'action de la force centrifuge, les bras L, prenant appui sur le plateau fixe, par les galets G, soulèvent la boîte B par leurs articulations T, en comprimant le ressort.

Les articulations des leviers et des galets sont munies de billes, et, par suite, le frottement en ces endroits, est pratiquement nul.

Il résulte de ces dispositions, que les changements de vitesse de la machine, se communiquent aux bras et à la boîte à ressort d'une façon douce et sans à-coups, grâce au léger glissement des galets sur le plateau fixe, au début des variations de vitesse.

Avec un poids très réduit, ce régulateur, d'une extrême sensibilité, exerce une action prompte et énergique sur les organes de la distribution.

Surchauffe.

Il y a plus de quarante ans, lorsqu'il publiait son ouvrage sur la *Théorie mécanique de la chaleur*, Hirn, prévoyait que la vapeur surchauffée remplacerait un jour la vapeur saturée.

Grâce aux perfectionnements constants apportés aux surchauffeurs, cette substition de vapeur sera bientôt un fait accompli.

Quels que soient le type et la perfection des machines, l'économie due à la surchauffe est indiscutable, et cette économie croit avec le degré de surchauffe; il suffit pour s'en convaincre, d'examiner les résultats des nombreux essais que M. Compère a consignés dans son mémoire sur les machines à vapeur à l'Exposition de Dusseldorf.

De cet examen il ressort nettement qu'il y a intérêt à pousser la surchauffe à des températures aussi élevées que possible, que les soupapes seules peuvent supporter en toute sécurité.

On peut citer des exemples de machines à soupapes qui fonctionnent depuis plusieurs années d'une façon absolument régulière, avec de la vapeur dont la température varie de 350 à 380 degrés sans qu'on ait eu recours à des dispositions spéciales.

Les grands robinets Corliss ne supportent pas la surchauffe, et les petits s'en accommodent mal; il serait donc imprudent de la pousser au delà de 225 degrés; c'est en cela que consiste la *surchauffe modérée*. C'est un moyen terme qui permettra ,en effet, d'ajourner pendant quelque temps encore la question des hautes surchauffes; mais je pense cependant qu'il est préférable d'aborder franchement des températures plus élevées avec des machines à soupapes, et quelques constructeurs l'ont si bien compris, qu'ils en ont entrepris la construction parallèlement à celle de leur type courant de machines Corliss.

On peut et on doit, sans exagération cependant, demander à la surchauffe tout ce qu'elle peut donner ; son application dépend surtout des surchauffeurs dont le fonctionnement doit offrir toutes les garanties désirables de rendement et de sécurité. A ce point de vue, quelques-uns de ces appareils ont donné, dans ces dernières années, l'assurance que les industriels peuvent en toute confiance, recourir à leur emploi.

Espaces nuisibles.

On reproche aux machines à soupapes d'avoir des espaces nuisibles considérables, et que c'est afin de diminuer la consommation élevée de vapeur qui en est la conséquence, que les constructeurs de ces machines ont été amenés à employer la surchauffe.

Il est vrai que le volume des espaces nuisibles qui résulte des robinets Corliss est inférieur à celui dû à l'emploi des soupapes dans le rapport de 1 à 1,55 environ; mais les constructeurs avaient à leur disposition un moyen tout aussi efficace que la surchauffe pour racheter cette infériorité; c'est la compression.

La compression, en effet, élève la température de la vapeur qui réchauffe les parois internes du cylindre; les condensations à l'admission en sont par suite bien diminuées; elle atténue les effets de l'espace nuisible, et l'économie qui en résulte est d'autant plus grande que la compression est plus voisine de la pression d'admission.

Au point de vue pratique, la compression est nécessaire pour rattraper les jeux et annuler les effets d'inertie des pièces en mouvement. Le travail absorbé par la compression est restitué au coup suivant, mais pour une puissance déterminée, le diamètre du piston doit être un peu plus grand.

Pour confirmer mon opinion, je citerai celle de M. Richard, qui s'exprime ainsi dans son mémoire sur *Les Machines Marines* paru dans la *Mécanique à l'Exposition*:

« La compression de la vapeur à fin de course du piston est » un des plus importants facteurs de l'économie de combustible. » Elle permet de supprimer l'influence nuisible des espaces » morts généralement très grands dans les machines à allure » rapide, et surtout elle réchauffe les surfaces internes des cy- » lindres beaucoup plus efficacement que les enveloppes de » vapeur. La chaleur de la vapeur des enveloppes n'est, en » effet, efficace, qu'après avoir traversé des épaisseurs considé- » rables de fonte, métal peu conducteur, tandis que la com- » pression réchauffe la surface même qui vient en contact avec » la vapeur à l'introduction, aussi bien celle du piston que celle » du cylindre: en fait, elle constitue le seul moyen pratique de » réchauffer le piston. Cette supériorité de la compression sur » l'enveloppe est évidemment d'autant plus grande que l'allure

» de la machine est plus rapide ; car la chaleur donnée aux sur-
» faces internes se dissipe dans la masse d'autant moins que la
» vitesse de rotation est plus grande ».

Enfin, M. Ischerwood, Ingénieur en chef de la Marine des États-Unis, résume ainsi l'opinion qui a cours en Amérique :

« Tous les Ingénieurs pratiques sont d'avis que la compression
» est nécessaire au point de vue pratique, tandis qu'elle n'affecte
» pas l'économie, et cette opinion est saine et judicieuse. »

Il ne faudrait pas conclure de ce qui précède qu'il n'y ait pas lieu de se préoccuper de l'importance de l'espace nuisible ; mais le mot est plus important que la chose.

Et d'ailleurs, il importe peu à l'industriel que le volume de l'espace nuisible de sa machine soit de 2 ou 4 0/0 du volume du cylindre ; c'est surtout le prix de revient du cheval-heure qu'il doit prendre en considération. Enfin, il est possible de diminuer l'espace nuisible des machines à soupapes par des dispositions convenables de ces distributeurs ; la machine suivante en offre un exemple.

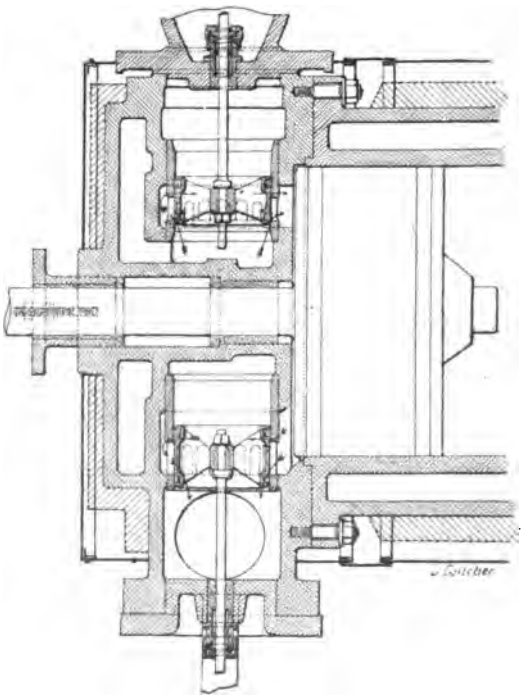


Fig. 3.

La maison Van den Kerchove, de Gand, exposait, en 1900, une machine *(fig. 3)* qui fut très remarquée, dans laquelle la distribution de la vapeur aux cylindres s'effectuait au moyen d'obturateurs placés dans les fonds : à la partie supérieure pour l'admission, à la partie inférieure pour l'échappement. Ces obturateurs, dits pistons-valves, étaient constitués par de simples tiroirs cylindrique munis de segments ; ils sont parfaitement équilibrés et présentent sur les soupages l'avantage de ne pas buter sur des sièges ; ils

dépassent, au contraire, librement leur point de fermeture et possèdent un certain recouvrement; il en résulte qu'au moment de l'ouverture des lumières, les tiroirs sont déjà animés d'une certaine vitesse qui va en croissant jusqu'au moment du déclic.

Lorsque celui-ci se produit, la fermeture s'effectue sous l'action d'un ressort puissant agissant sur un piston à air qui amortit

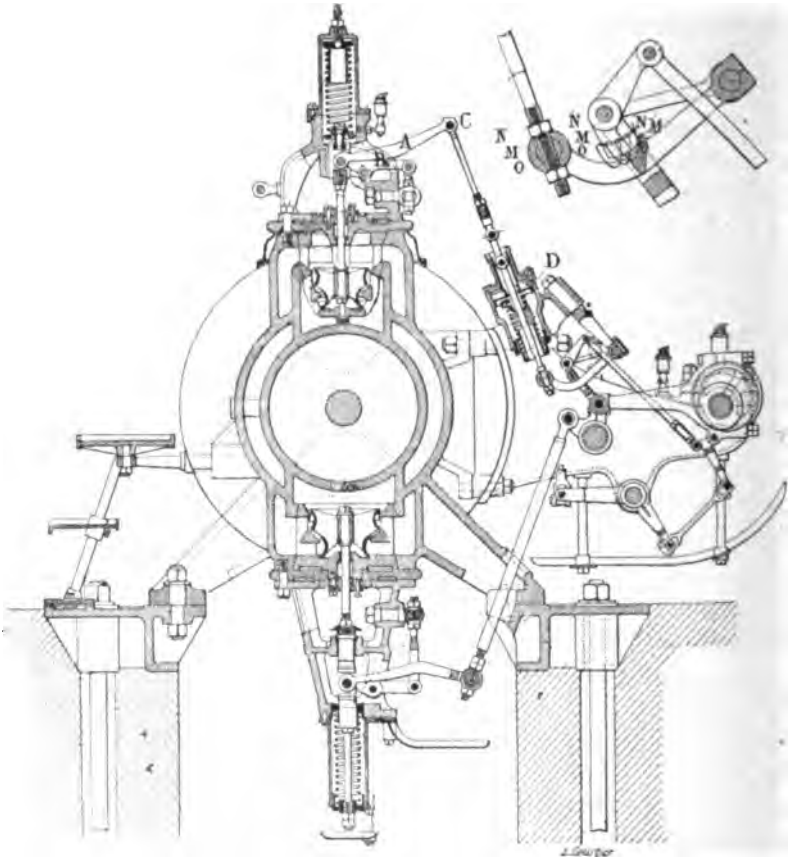


Fig. 4.

la chute lorsque les pistons ont déjà dépassé le point de fermeture des lumières.

Les soupapes, au contraire, venant reposer sur leur siège, on doit, afin d'éviter le matage de celui-ci, arrêter leur élan un peu avant la fermeture complète, d'où un laminage de la vapeur qui n'a plus lieu dans la distribution à pistons-valves.

Les obturateurs d'admission sont mus par un mécanisme à

déclic qui présente une grande analogie avec la plupart des mécanismes des machines à soupapes.

D'autres constructeurs ont cherché à réduire la levée des soupapes dans le but d'assurer aux distributeurs des vitesses de fermeture convenables et un fonctionnement silencieux, tout en augmentant la vitesse de rotation. C'est le cas de la machine Sulzer.

MM. Sulzer frères, de Winterthur, présentaient une machine *(fig. 4)* dans laquelle les soupapes étaient à quatre sièges. Le mécanisme de commande des soupapes, d'un genre absolument nouveau, était caractérisé par l'emploi d'un levier roulant oscillant sur un plan réglable de telle façon qu'au moment de l'ouverture de la soupape, le rapport des leviers soit aussi grand que possible. Le levier roulant A est relié à la tige du piston à air D, et le jeu du mécanisme est tel que le piston à air se déplace d'une quantité correspondante à la course MN avant que la soupape commence à se lever. Il se produit donc derrière le piston une rentrée d'air qui est comprimé après le déclic, même si celui-ci se produisait avant que la soupape eût commencé à s'ouvrir, c'est-à-dire à l'admission nulle.

La vitesse de la chute et de l'arrivée de la soupape sur son siège dépend bien moins de l'action du dash-pot que de l'effet du levier roulant, de l'action des ressorts et des masses en mouvement. La compression d'air pour arrêter le système ne s'effectue qu'après la fermeture de la soupape, et son but est d'absorber la force vive des pièces encore en mouvement pendant la course à vide.

Ce dispositif assure une vitesse de fermeture convenable et une marche très douce à tous les degrés d'admission, même pour un nombre de tours élevé.

Le mécanisme de commande est exécuté avec beaucoup de soin; mais il est très compliqué.

Exposition de Düsseldorf.

A Düsseldorf, les machines n'offraient rien de bien particulier. J'en citerai cependant quelques-unes :

La machine verticale à triple expansion exposée par la Gutehoffnungshütte *(fig. 5)* dont M. Compère a donné la description.

J'ajouterai seulement que la distribution de la vapeur aux cylindres H. P. et M. P. s'effectue au moyen de soupapes du sys-

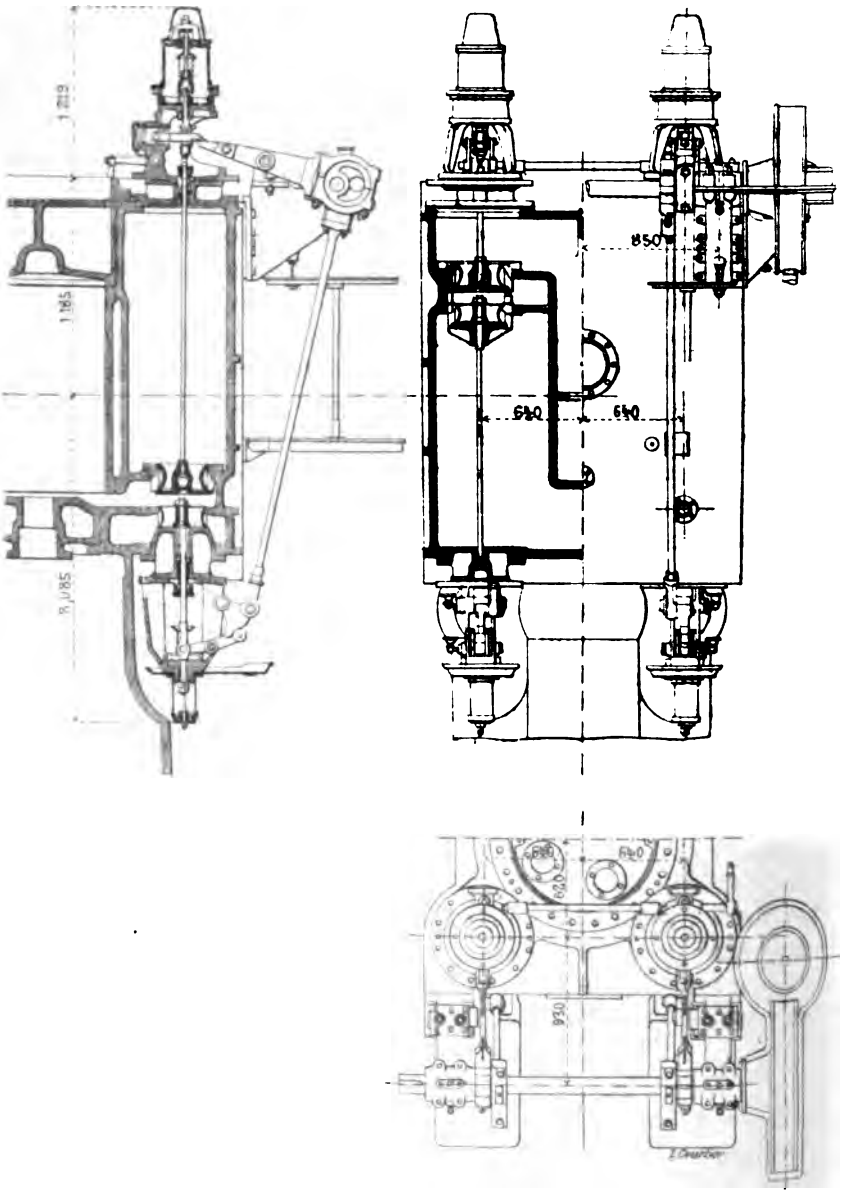


FIG. 5.

tème Gutermuth et au cylindre à basse pression par des robinets Corliss.

L'arbre horizontal qui actionne le mécanisme de distribution est commandé par un arbre vertical sur lequel se trouve le régulateur Hartung dont j'ai donné précédemment la description. Pour modifier la détente au cylindre H. P., ce régulateur agit sur une sorte de coulisseau, à l'extrémité duquel est articulé un levier qui traverse la tige de la soupape. Suivant la position du régulateur, ce levier coupe plus ou moins la courbe décrite par l'extrémité de la barre d'excentrique et détermine des admissions plus ou moins prolongées.

La Maschinenfabrik Grevenbroich présentait une machine horizontale compound tandem jumelle dont les conditions générales étaient les suivantes :

Diamètres des cylindres H. P.	725 *mm*
Diamètres des cylindres B. P.	1 100
Course des pistons	1 300
Nombre de tours par minute	72
Pression de la vapeur.	10 *kg*
Admission normale au cylindre H. P. .	25 0/0
Vide au condenseur.	60 *cm*
Puissance normale effective	2 000 *ch*

Dans cette machine *(fig. 6 et 7)*, la distribution se fait au moyen de soupapes aux quatre cylindres.

Le mécanisme de commande des soupapes des cylindres H. P. est dérivé du système à levier roulant. Un seul excentrique commande les soupapes d'admission et d'échappement d'un même côté de chacun des cylindres à haute pression.

Cet excentrique agit au moyen d'un court levier articulé sur le collier supérieur, à l'extrémité d'une barre qui, dans son mouvement, vient buter contre un galet fixe.

Il en résulte un mouvement de basculement de la barre qui provoque la levée de la soupape par l'intermédiaire d'une bielle et de deux petits leviers roulants.

Pour chaque côté, un régulateur, du système Hartung, fait varier la position du point de contact de la barre avec le galet fixe et, par suite, l'admission, en agissant par un système d'arbres et de leviers, sur l'une des extrémités de la barre.

Les soupapes des cylindres B. P. sont mues par des cames.

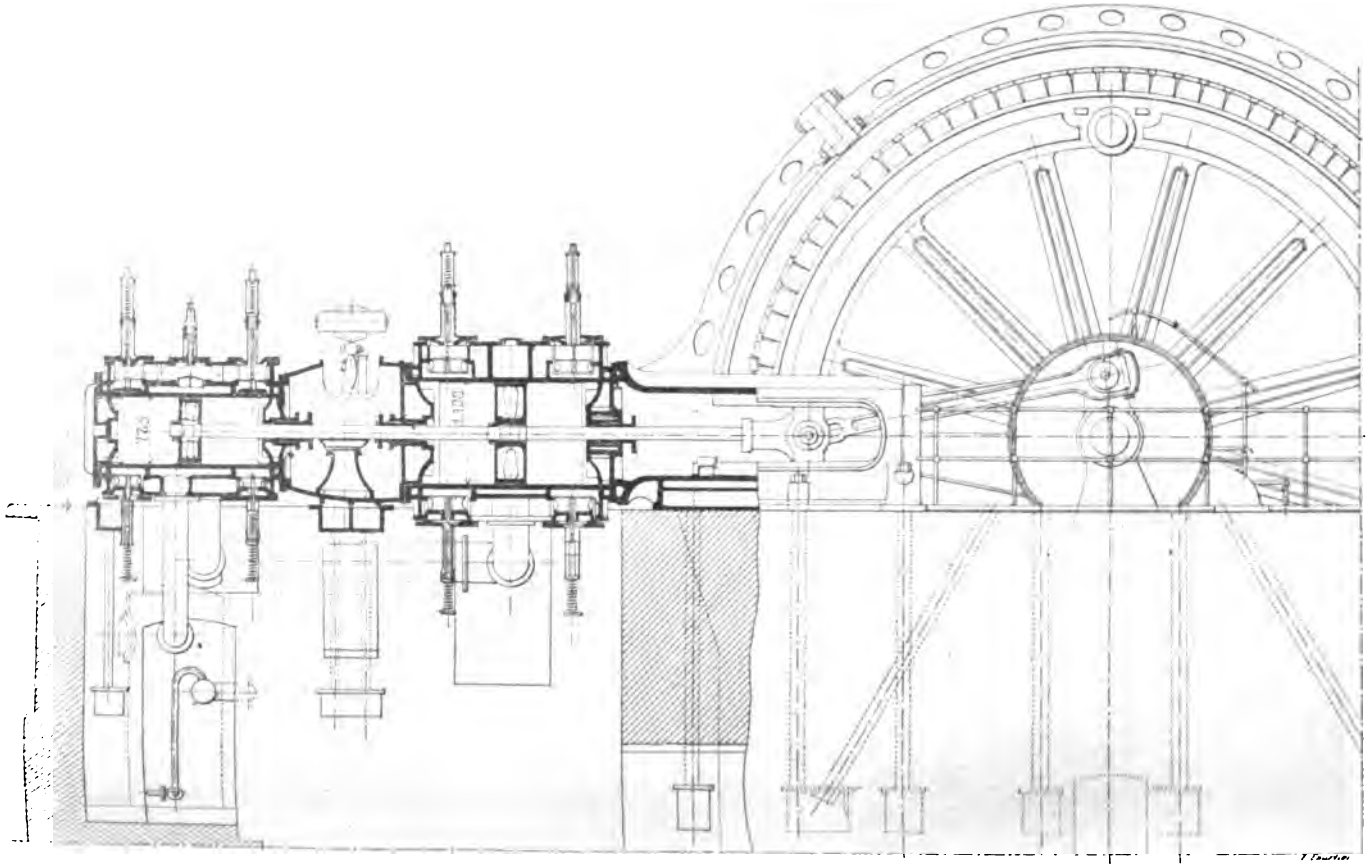


FIG. 6.

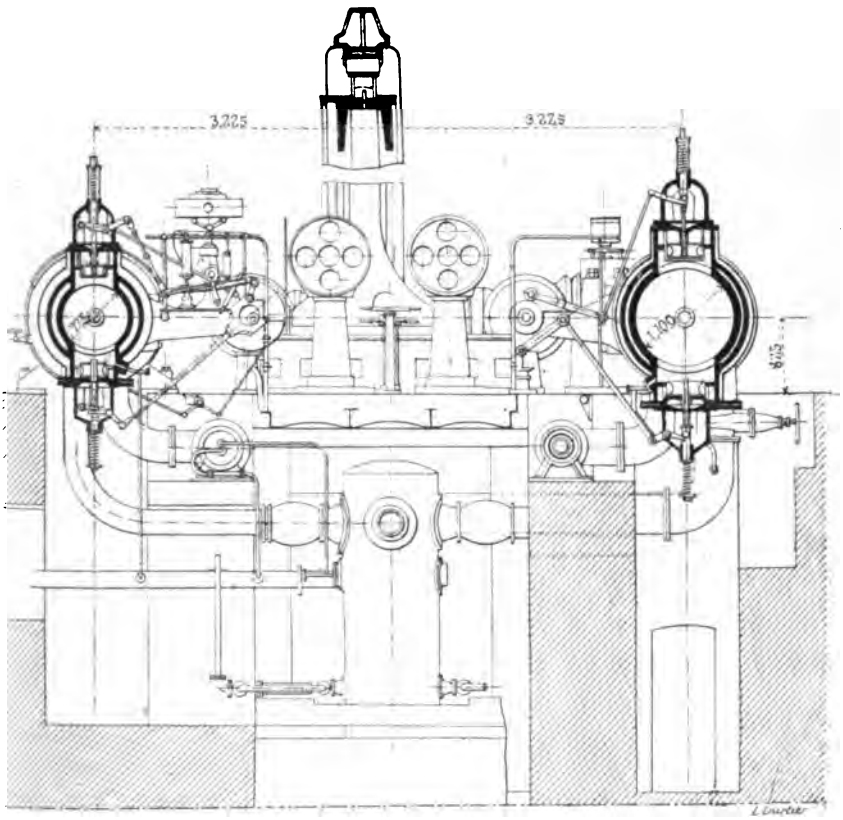


FIG. 7.

La machine compound tandem des ateliers Humboldt avait pour conditions principales :

Diamètre du cylindre H. P.	475 *mm*
Diamètre du cylindre B. P.	750
Course des pistons	1 000
Nombre de tours	90 à 100
Admission au cylindre H. P.	8 à 9 0/0
Pression de la vapeur.	10 *kg*
Puissance normale effective à 90 tours. .	450 *ch*
Température de la vapeur.	300°
Consommation de vapeur par H. P. I. .	5,4 *kg*

Les distributeurs employés pour les deux cylindres sont des soupapes.

Les soupapes d'admission sont commandées par un méca-

nisme à déclic, du système Stumpf, caractérisé par l'emploi de deux excentriques, dont l'un, fixe sur l'arbre de distribution, actionne le levier de commande de la soupape, et l'autre, fou sur cet arbre, produit le déclic; le calage de cet excentrique est modifié par le régulateur.

Ce système est, en outre, caractérisé par les dispositions particulières de l'amortisseur à huile *(fig. 8)*. Lorsque la soupape se lève, il se produit, sous le piston à huile, un vide que vient combler en partie le liquide situé dans la chambre circulaire, de façon que le fond conique du piston restant toujours en contact avec lui, il ne se produit aucun choc à la descente de la soupape. Lorsque le déclic a lieu, le rappel de la soupape s'effectue, non sous l'action d'un ressort, mais sous l'effet du vide créé sous le piston, comme cela a lieu pour le rappel des robinets Corliss.

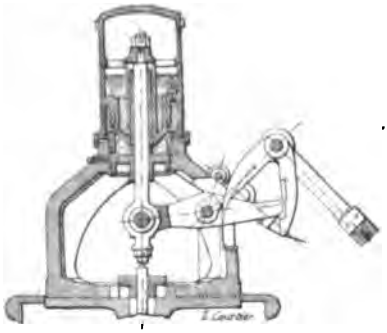


Fig. 8.

La chute est amortie par la fermeture progressive des orifices qui livrent passage à l'huile chassée par le piston. Le réglage de l'amortisseur peut se faire de l'extérieur, et on peut obtenir

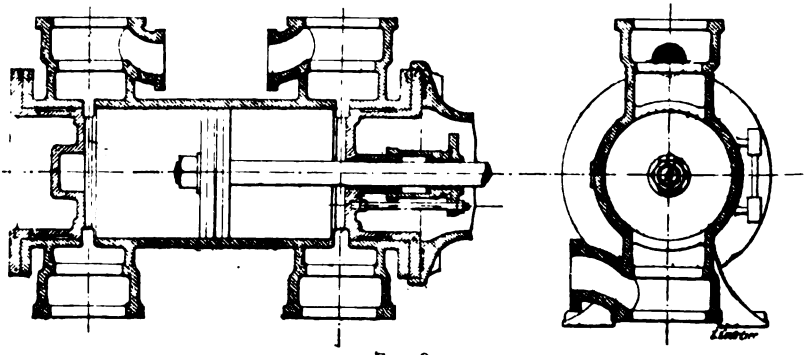


Fig. 9.

un fonctionnement silencieux, même avec de grandes vitesses de rotation.

Cette distribution peut être considérée comme l'une des meilleurs de celles qui fonctionnaient à l'Exposition de Düsseldorf.

Les boîtes des soupapes d'admission du cylindre H. P. ont

chacune une tubulure pour l'arrivée de vapeur. Les tuyaux de ces tubulures se réunissent seulement en dehors de la machine.

Les boîtes des soupapes d'échappement ont une disposition analogue.

Par ce dispositif on évite un échauffement irrégulier du cylindre qui peut se dilater librement. Une construction analogue des cylindres est représentée par la figure 9.

Enfin je citerai encore la machine compound tandem de la Sundwiger Eisenhütte, dont les cylindres ont 490 et 770 *mm* de diamètre et une course des pistons de 850 *mm*. Sa puissance est de 400 *ch* effectifs à 125 tours, avec de la vapeur à 10 *kg*.

Les organes distributeurs sont des soupapes pour le cylindre H. P. et, pour le cylindre B. P., des robinets Corliss placés à la partie inférieure de ce cylindre.

L'excentrique S *(fig. 10)* actionne un plateau A qui oscille autour de l'axe F. Ce plateau agit sur les galets D et E d'un levier B relié à la tige de la soupape et articulé en C.

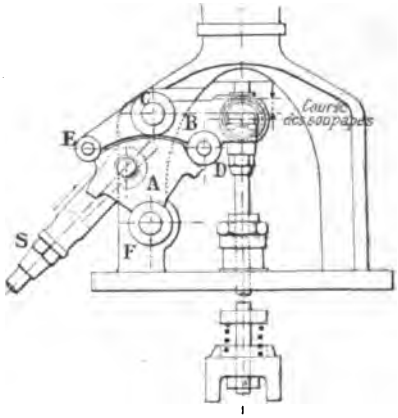


Fig. 10.

Quand la barre de l'excentrique S monte, le plateau A agit sur le galet D pour ouvrir la soupape; mais, dans ce mouvement, le galet E reste en contact avec le plateau; l'inverse se produit pendant la descente.

La courbe du plateau est telle que la fermeture, d'abord rapide, se ralentit au dernier moment et que le repos de la soupape sur son siège se fait avec douceur.

L'examen de ces diverses distributions, met en évidence les efforts constants des constructeurs en vue d'obtenir une fermeture complète et instantanée des orifices d'admission, et une augmentation de la vitesse de rotation; mais malgré des dispositifs souvent très ingénieux, ces deux desiderata ne sont jamais complètement réalisés.

Machines à distributeurs auxiliaires.

Dans toutes les machines précédemment décrites, les organes distributeurs, robinets corliss, soupapes ou pistons-valves sont mus, soit par un mécanisme à déclic, soit par un mécanisme à connexion rigide.

Ces deux systèmes ont chacun leurs avantages et leurs inconvénients.

Le premier limite le nombre de tours de la machine en raison des grandes difficultés de l'encliquetage aux allures rapides, le second permet, au contraire, une grande vitesse de rotation, mais on perd par son emploi l'avantage des fermetures instantanées.

Quelques inventeurs ont cherché à réunir les avantages de ces deux systèmes en évitant leurs défauts.

Le principe de la commande des organes de distribution le même pour tous, est basé sur l'emploi d'un distributeur auxiliaire à l'aide duquel les obturateurs d'admission, tiroirs plans, robinets corliss, soupapes ou pistons-valves sont actionnés par la vapeur.

Un de ces systèmes mérite tout particulièrement d'attirer l'attention par son extrême simplicité et par ses qualités absolument remarquables, qui en font l'un des meilleurs dispositifs actuellement en usage. Avant d'en donner la description, il est intéressant de faire connaître quelques-unes des tentatives qui ont été faites dans cette voie.

Distribution Thiollier et Macabies

La distribution de la machine à vapeur de MM. Thiollier et Macabiès a été étudiée en vue de rendre l'ouverture ainsi que la fermeture des orifices d'admission, complètes et instantanées.

L'arbre moteur de la machine donne le mouvement à un arbre longitudinal qui actionne à la fois deux arbres verticaux placés sur le milieu du cylindre et portant, l'un une came et l'autre le régulateur.

L'arbre qui porte la came marche rigoureusement à la même vitesse que l'arbre moteur.

Les quatre distributeurs sont constitués par des tiroirs plans à plusieurs orifices, disposés aux extrémités du cylindre (*fig. 11*).

Les tiroirs d'admission placés à la partie supérieure sont mus par la vapeur, qui est distribuée alternativement sur l'une ou l'autre des faces d'un piston monté sur leur tige, par un petit tiroir auxiliaire manœuvré par la came de détente.

Les tiges des deux tiroirs auxiliaires sont constamment poussées

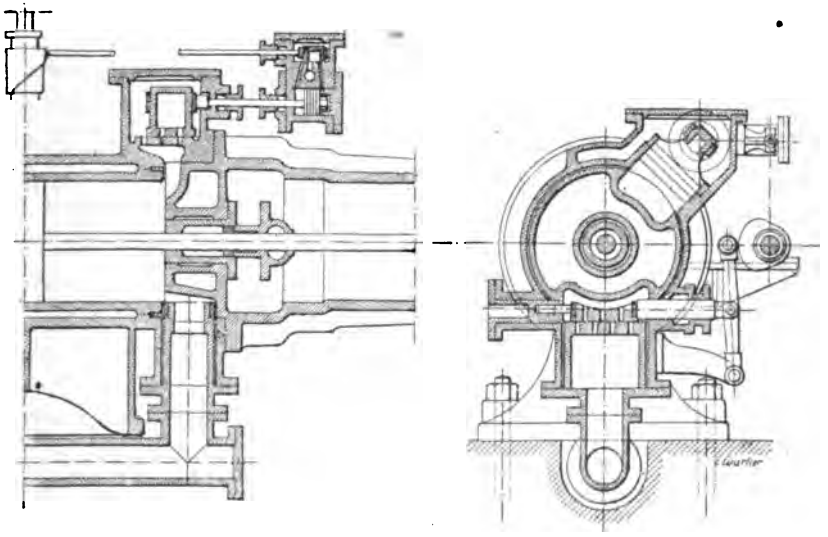


Fig. 11.

sur la came par un ressort logé dans l'intérieur d'une douille montée sur les supports de cette tige.

En même temps que le mouvement de rotation qui lui est communiqué par l'arbre sur lequel elle est montée, la came de détente suit les oscillations du régulateur qui lui fait accomplir des déplacements verticaux au moyen d'un système de leviers. Elle porte sur sa hauteur une saillie de plus en plus large, destinée à repousser les deux tiroirs auxiliaires commandant les grands tiroirs d'introduction.

Lorsque, par suite d'un accroissement de vitesse la came est soulevée par le régulateur, la partie la plus étroite de la saillie vient se présenter en face des deux tiges des petits tiroirs auxiliaires, et le grand tiroir de distribution n'est maintenu ouvert par le piston qui le commande que pendant le passage de la saillie de la came, qui peut s'effectuer pendant une très faible partie de la course du piston, la manivelle étant à ce moment tout près du point mort.

Si, au contraire, la marche de la machine se ralentit, le man-

chon du régulateur s'abaisse ainsi que la came de détente, qui vient alors présenter une plus large saillie en face des deux tiges des tiroirs auxiliaires, ce qui nécessairement maintient plus longtemps ouverts les deux tiroirs d'introduction. La durée de l'admission dépend uniquement de la position de la came et du régulateur.

Le choc des pistons qui manœuvrent les tiroirs d'admission est amorti en étranglant la vapeur d'échappement du cylindre à l'aide d'un petit robinet placé sur le tuyau d'échappement.

Je n'insisterai pas davantage sur ce système qui ne paraît pas avoir donné d'excellents résultats.

Distribution Kron

Dans ce système, les organes d'admission de vapeur au cylindre sont constitués par des robinets du genre Corliss.

Pour l'admission, ces robinets présentent une disposition particulière, ils sont formés de deux parties concentriques, l'une extérieure fixe et l'autre intérieure mobile dans le sens de son axe longitudinal *(fig. 12)*.

C'est cette dernière qui, dans son mouvement, produit l'admission et en détermine la durée.

Ce mouvement est produit par la vapeur dont l'action s'exerce sur un piston formé par l'une des extrémités de la partie mobile et provoque l'ouverture des orifices d'admission qui ne se ferment que lorsque cette action cesse, c'est-à-dire lorsque le piston est mis en communication avec l'échappement. Pour effectuer cette fermeture, l'autre extrémité de la partie mobile est terminée par un piston de petit diamètre, sur lequel la vapeur agit d'une façon constante ; un ressort ajoute son effet à celui de la vapeur.

Enfin, les déplacements de la partie mobile de l'obturateur sont limités, et les chocs qui pourraient se produire amortis dans les deux sens par un tampon à air.

La vapeur provenant de l'enveloppe est fournie aux pistons moteurs des obturateurs d'admission par un distributeur auxiliaire à robinets, placé dans l'axe du cylindre *(fig. 13)*.

Le robinet inférieur, actionné par le mécanisme des obturateurs d'échappement distribue la vapeur alternativement à l'un ou à l'autre des pistons moteurs des obturateurs.

Le robinet supérieur, mû par une xcentrique dont le calage est modifié par le régulateur, met à l'échappement la vapeur qui agit sur les pistons des obturateurs, et le moment où cet échap-

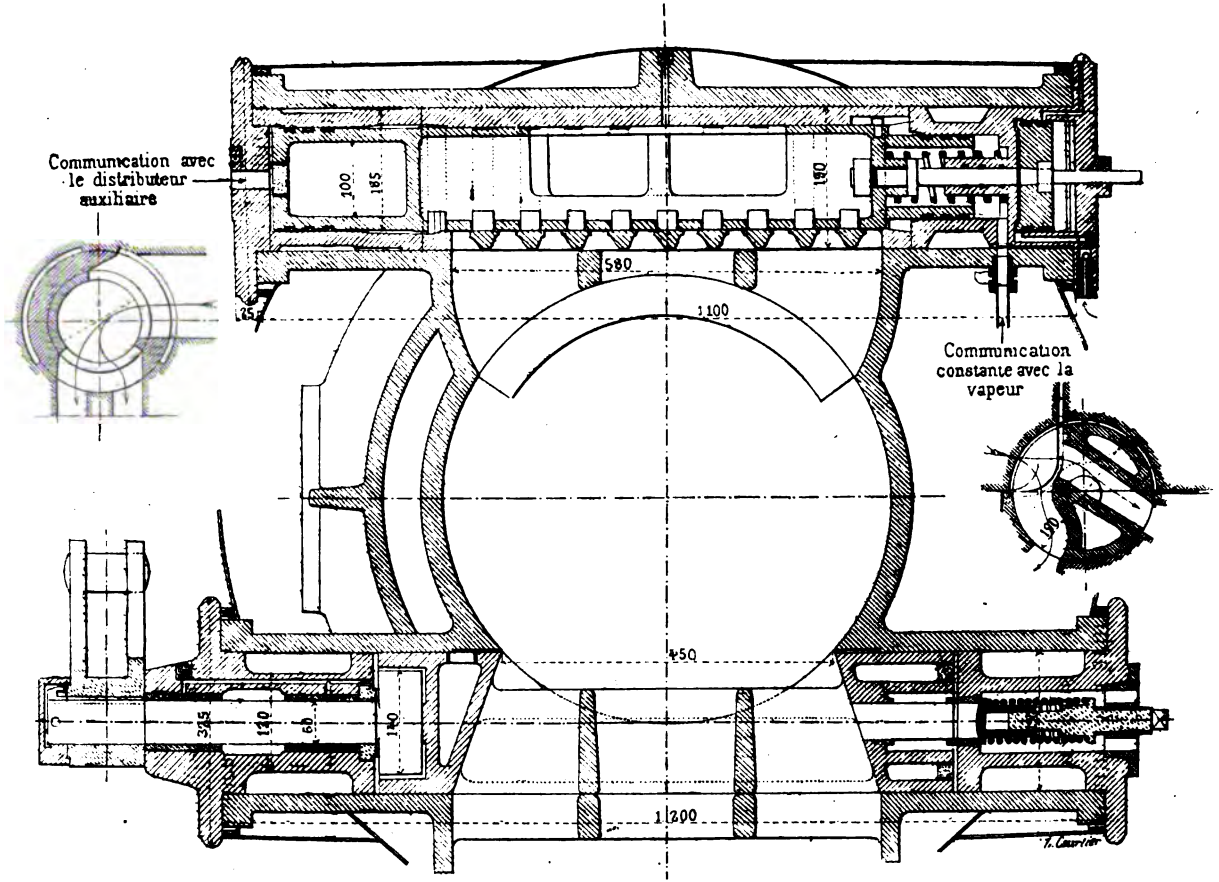

Communication avec le distributeur auxiliaire
Communication constante avec la vapeur
100
185
180
580
1100
450
345
110
60
140
1200

FIG. 12.

pement a lieu est déterminé par la position de l'excentrique. La valeur de l'admission dans le cylindre dépend donc de la durée de l'action de la vapeur sur les pistons moteurs des obturateurs.

Le mécanisme de la distribution est mu par un arbre intermédiaire placé près du cylindre perpendiculairement à l'axe de la machine. Cet arbre, monté dans le support du régulateur, reçoit son mouvement de l'arbre moteur ; il commande, à l'aide d'une

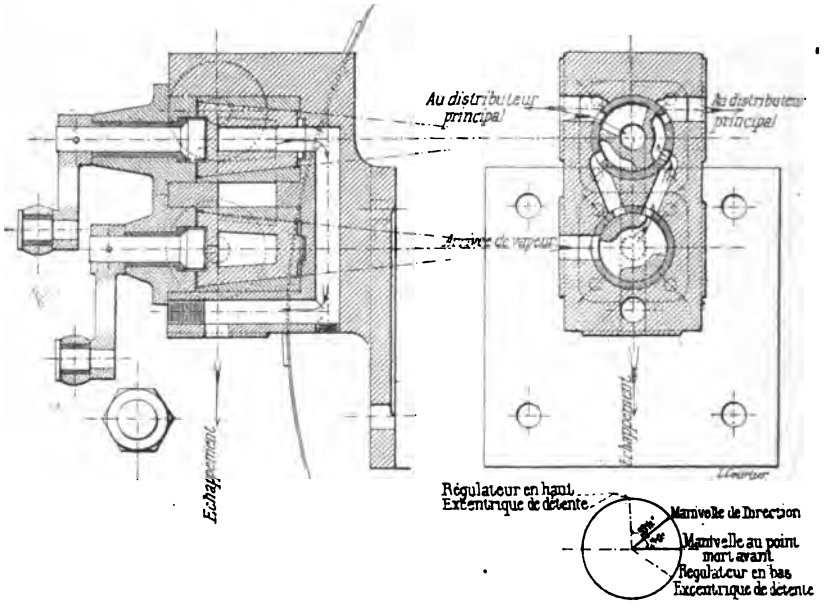


FIG. 13.

bielle les obturateurs d'échappement, et par un système de roues coniques et d'un pignon planetaire le régulateur et l'excentrique qui fait mouvoir le robinet supérieur du distributeur auxiliaire.

Ce système de distribution possède de grandes qualités : mais le mécanisme de commande des distributeurs auxiliaires et des obturateurs avec ses nombreux engrenages est d'une telle complication qu'il doit exiger des soins tout particuliers, pour que son fonctionnement reste satisfaisant. Enfin, les effets d'inertie des obturateurs, malgré leur légèreté, peuvent donner lieu à des chocs, difficiles à amortir, surtout aux allures rapides.

DISTRIBUTION KIENAST.

La distribution s'effectue au moyen de quatre obturateurs à pistons placés aux extrémités du cylindre à la partie supérieure

pour l'admission et à la partie inférieure pour l'échappement (*fig. 14*).

Les obturateurs d'admission sont mus par la vapeur pour l'ouverture, et la fermeture s'opère sous l'action d'un ressort. Leur élan est amorti par un piston à air.

La vapeur est distribuée alternativement sous les pistons A des obturateurs B par l'intermédiaire de deux tiroirs auxiliaires

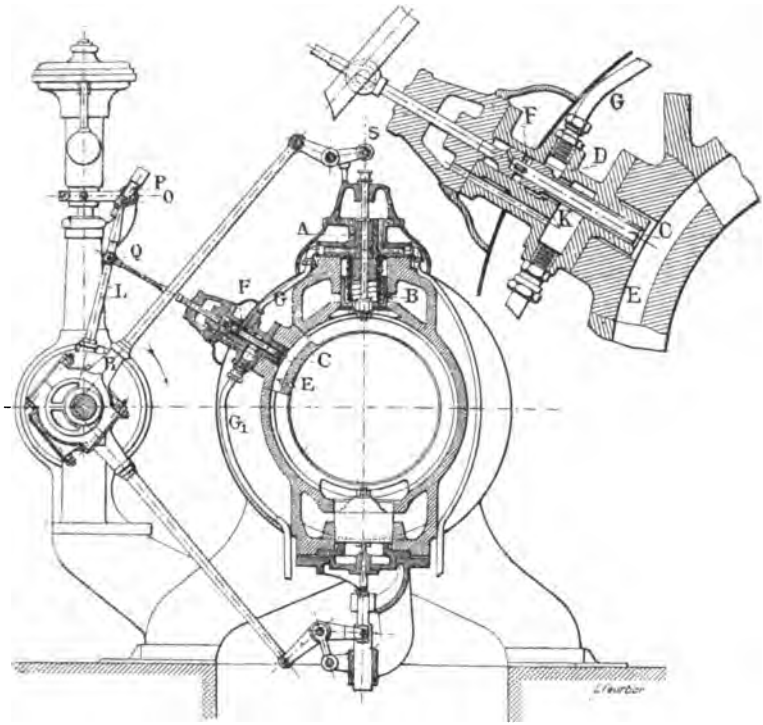


FIG. 14.

de distribution C qui se meuvent dans deux boîtes D fixées sur le cylindre. Ces tiroirs, de petit diamètre, sont équilibrés ; ils admettent la vapeur provenant de l'enveloppe E par les orifices F dans les tuyaux G qui la conduisent sous les petits pistons A fixés sur la tige des obturateurs B en provoquant l'ouverture de ceux-ci.

Lorsque le tiroir auxiliaire revient, la vapeur s'échappe par le tuyau G et l'arête K du tiroir, dans le tuyau G_1 qui communique avec l'atmosphère ou avec le condenseur. Les obturateurs se ferment alors brusquement sous l'action des ressorts de rappel I.

C'est cette période de la distribution qui est représentée sur la figure.

Comme dans les machines à soupapes, un arbre de distribution parallèle à l'axe longitudinal du cylindre, et actionné par l'arbre moteur au moyen d'engrenages coniques, commande le régulateur et les différents organes de la distribution.

Sur cet arbre sont calés deux petits excentriques dont les corps se meuvent dans un bain d'huile formé par la partie sphérique de la colonne du régulateur.

Les barres L de ces excentriques mettent les tiroirs auxiliaires de distribution en mouvement par l'intermédiaire de bielles articulées en Q; ces barres sont terminées par une fourche embrassant un coulisseau O qui se meut sur une glissière cylindrique P.

La glissière P, sous l'action des déplacements du manchon du régulateur prend des inclinaisons différentes qui modifient la courbe décrite par le point Q et par suite la course du tiroir auxiliaire.

Le degré de l'admission de la vapeur dans le cylindre ne dépend que de la durée de l'action de la vapeur sous les pistons A des obturateurs, durée qui varie avec la course des tiroirs auxiliaires.

L'admission de la vapeur sous les pistons des obturateurs a lieu quand le piston moteur est au milieu de sa course; les obturateurs sont donc animés d'une certaine vitesse au moment où ils commencent à démasquer l'orifice d'admission au cylindre.

Le moment de l'admission de la vapeur sous les pistons des obturateurs A est le même pour tous les degrés d'admission, les orifices F du tiroir auxiliaire commençant à admettre la vapeur quand le coulisseau O est exactement au point d'articulation de la glissière P, point qui n'est pas influencé par le régulateur.

Dès que la vapeur arrive sous les pistons des obturateurs, ceux-ci tendent à ouvrir l'orifice d'arrivée dans le cylindre en se portant vers le haut, et l'admission commencerait beaucoup trop tôt si M. Kienast, pour régler exactement une fois pour toutes l'avance à l'admission, n'avait imaginé un dispositif composé d'un excentrique R à calage fixe dont la barre actionne un levier double muni d'un galet S à l'une de ses extrémités.

La vapeur arrive sous les pistons des obturateurs dans la position la plus basse du galet S, c'est-à-dire quand celui-ci touche le bouton d'extrémité de la tige des obturateurs; ces

derniers sont donc obligés de suivre le mouvement du levier, et ce mouvement s'effectue d'une façon identique à celui d'un mécanisme à connexion, la vapeur maintenant en contact le galet S et le bouton d'extrémité de la tige des obturateurs pendant toute la durée de la période d'admission.

Ce mouvement s'effectue *sans choc et sans bruit; il est tout à fait remarquable par sa douceur.*

Les obturateurs d'échappement, analogues aux obturateurs d'admission, sont commandés par des excentriques.

Dans la construction de ses machines, M. Kienast emploie les pistons-soupapes, de préférence aux soupapes.

Ces pistons-soupapes n'offrent aucune résistance au mouvement, car ils n'ont pas de segments; la vapeur arrivant de l'enveloppe sur tout leur pourtour, et s'écoulant centralement dans le cylindre ne produit aucune pression latérale et les pistons ne subissent aucune usure. Il est nécessaire d'employer pour les pistons et les douilles, une fonte de bonne qualité, et il faut que leur rodage soit parfait. M. Kienast emploie un procédé qui donne à cet égard *entière satisfaction*. Les pistons-soupapes ont en outre l'avantage de supprimer le laminage qui se produit avec les soupapes à la fin de la période d'admission, et la butée sur les sièges. On obtient par l'emploi de ces pistons-soupapes, une marche absolument silencieuse et on réalise une économie de graissage.

Les tiges des tiroirs auxiliaires et des obturateurs d'admission et d'échappement n'ont pas de presse-étoupe; l'eau de condensation provenant des fuites de vapeur qui pourraient se produire autour de ces pièces est recueillie dans les canaux *a* et *b* et conduite par les tuyaux G_1 et G_2 dans le condenseur ou l'atmosphère.

Les tiroirs auxiliaires étant équilibrés, n'exercent aucune réaction sur le régulateur. Les excentriques de commande du levier à galets S n'absorbent aucun travail, puisqu'ils n'ont aucun effort à vaincre. Le rendement mécanique de la machine est par suite très élevé.

En résumé, les inventeurs de ce genre de distribution ont eu en vue la suppression du déclic mécanique avec lequel les grandes vitesses de rotation sont impossibles, mais en conservant les avantages des fermetures instantanées, et c'est surtout dans le système Kienast que ce problème est résolu avec le plus de simplicité et d'élégance.

Ce système permet en outre l'emploi des grandes pressions et de la haute surchauffe. Son rendement mécanique très élevé atteint 95 0/0. On réalise une notable économie de vapeur et d'huile et le fonctionnement de la machine est absolument silencieux.

En deux ans et demi, vingt machines de ce système ont été mises en service; elles représentent une puissance normale totale d'environ 5 000 *ch.* Presque toutes ces machines fonctionnent à la vapeur surchauffée à haute température jusqu'à 380° centigrades. La vitesse de rotation des machines actuellement en fonctionnement ne dépasse pas 140 tours; mais divers essais ont montré qu'il était possible d'obtenir des vitesses bien plus considérables.

Les quelques essais de consommation qui ont été faits ne permettent pas de juger définitivement à ce point de vue la valeur de ces machines, et je ne puis en outre faire connaître que ceux qui m'ont été communiqués par l'inventeur.

TYPE des machines	Vapeur saturée sèche		Vapeur surchauffée à 320° C.	
	Sans condensation Pression : 8 kilogr. Admission : 20 0/0	A condensation Pression : 7 kilogr. Admission : 12,50/0	Sans condensation Pression : 8 kilogr. Admission : 20 0/0	A condensation Pression : 7 kilogr. Admission : 12,50/0
Monocylindrique de 500 × 900 à 120 tours.	9,9 *kg*	7,72 *kg*	8,3 *kg*	5,80 *kg*
Compound de $\frac{500}{760}$ × 900 à 120 tours.	9,2	6,40	8,1	5,13

Les chiffres indiqués dans le tableau ci-dessus donnent la consommation de vapeur par cheval indiqué, les purges **non déduites,** à l'exception des condensations produites dans le tuyau d'arrivée de vapeur, depuis le générateur jusqu'au robinet d'admission près du cylindre à vapeur.

Telle est la machine sur laquelle j'ai cru devoir appeler plus particulièrement l'attention des membres de notre Société, parce que j'ai la conviction qu'elle réalise, à tous les points de vue, un progrès important sur les autres systèmes connus.

Turbines Parsons.

Ma communication, dont le but était de vous signaler quelques-uns des perfectionnements réalisés dans les machines à vapeur à piston, serait incomplète si je ne vous entretenais des progrès constants accomplis dans la construction des turbines à vapeur en vous donnant une description succincte de la turbine Parsons telle qu'elle est maintenant construite, et en appelant votre attention sur ses qualités remarquables, et les résultats qui en sont la conséquence.

Mon intention n'est pas de refaire ici, ni l'historique, ni la théorie des turbines à vapeur, le premier a été assez souvent repris dans ces derniers temps pour qu'il soit encore présent à la mémoire ; quant à la seconde, de plus autorisés que moi l'ont développée de façon très complète et nos collègues trouveront dans les divers ouvrages publiés à ce sujet, les renseignements qui, à ce point de vue, seraient de nature à les intéresser.

De 1876, date de ses premiers essais, jusqu'en 1884, Parsons exécuta ses turbines d'après les principes de Bianca, avec un seul disque.

Ses premiers moteurs à disques multiples, accouplés à des dynamos remontent à 1884. En 1894, il adopte définitivement la turbine axiale, pour arriver, après des perfectionnements successifs, au type actuel.

La puissance totale des turbines Parsons en service est supérieure à 300 000 *ch*, dont des unités de 5 000 *ch*.

La turbine Parsons, telle qu'elle est actuellement construite, est une turbine axiale à pleine admission. Elle se compose essentiellement d'un tambour horizontal T *(fig. 15)*, tournant avec son arbre dans deux paliers L.

Un cylindre fixe G, formé de deux parties assemblées suivant un plan horizontal, enveloppe le tambour en formant autour de celui-ci un espace annulaire dans lequel sont disposées des ailettes qui constituent les couronnes directrices et les roues mobiles de la turbine.

Les ailettes directrices sont fixées à la paroi interne du cylindre G et convergent dans le sens du rayon vers l'axe du tambour entre les ailettes des roues mobiles fixées sur la périphérie du tambour également dans le sens du rayon.

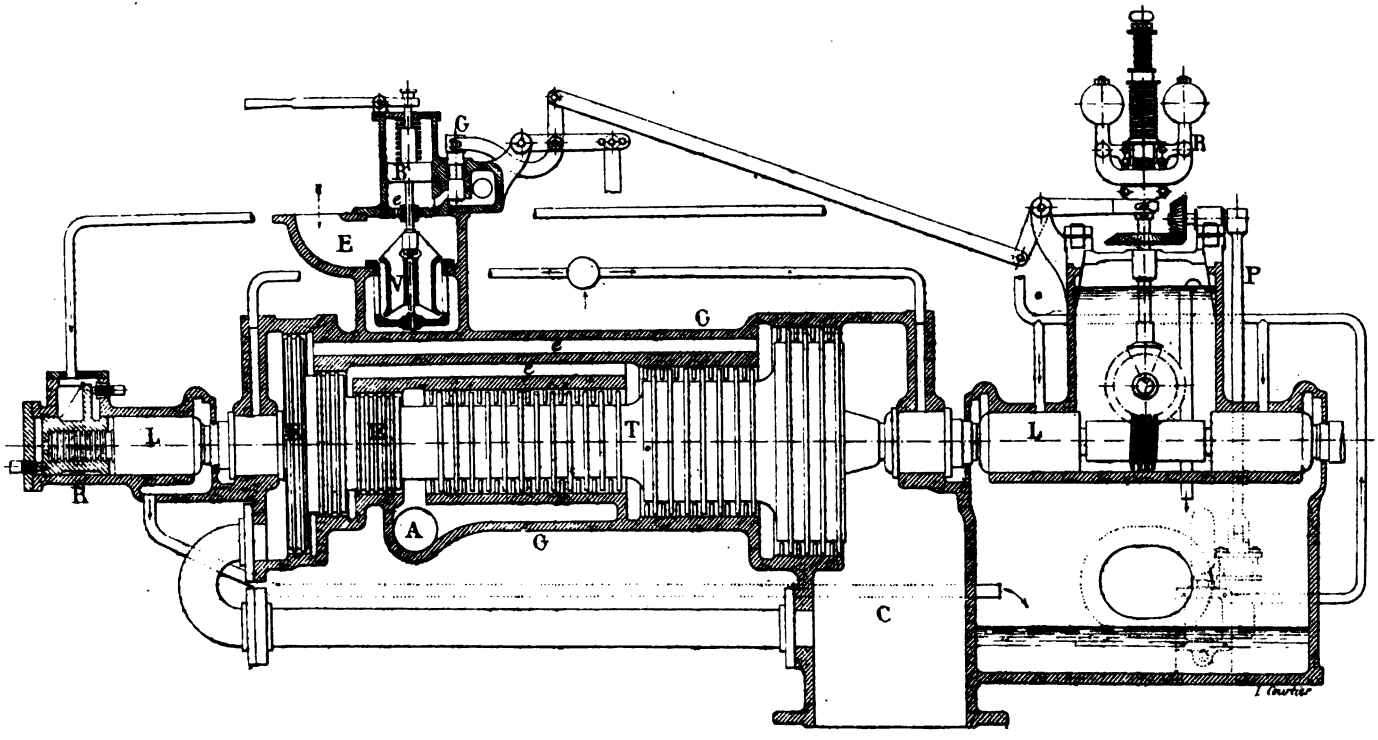


Fig. 15.

Les couronnes parallèles formées par ces dernières ailettes, se meuvent entre les intervalles laissés libres par les directrices.

Afin de supprimer les fuites le long des parois du cylindre et du tambour, les ailettes arasent ces parois avec un jeu aussi réduit que possible, mais suffisant pour éviter les frottements.

La vapeur arrive à la turbine par une soupape V et pénètre dans l'espace annulaire A en avant de la couronne directrice du plus petit diamètre, elle traverse, dans le sens longitudinal, les différentes couronnes d'ailettes en se détendant successivement jusqu'au tuyau d'échappement C. La détente totale, c'est-à-dire la différence entre la pression à l'admission et la pression à l'échappement, soit à l'air libre, soit au condenseur, est divisée en autant de détentes partielles qu'il y a de roues mobiles dans la turbine, ce qui permet d'obtenir des vitesses périphériques relativement faibles.

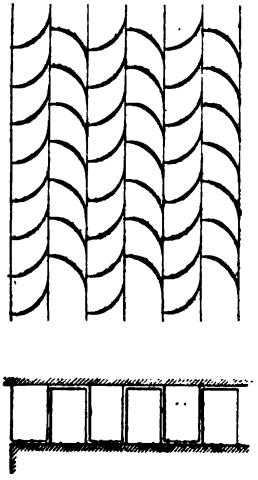


Fig. 16.

Les ailettes sont légèrement incurvées et disposées sur le tambour à l'inverse de celles du cylindre *(fig. 16)*.

Il en résulte que la vapeur suit une ligne sinueuse parallèle aux génératrices du tambour, et se détend progressivement de la pression initiale à la pression finale qu'il y a intérêt à maintenir aussi voisine que possible du vide absolu.

L'action de la vapeur sur les ailettes peut s'expliquer de la façon suivante : en passant à travers la première couronne directrice, la vapeur se détend en transformant une partie de son énergie en force vive; en sortant de la couronne directrice, cette force vive exerce une action impulsive sur les ailettes de la première roue mobile. La vapeur se détend dans ces ailettes et en sort pour entrer dans celles de la seconde directrice. La réaction qui résulte de cette détente dans la roue mobile s'ajoute à l'effet produit dans la première phase d'action sur les aubes. Les mêmes phénomènes se répètent dans le second couple de roues, puis dans les suivants. La turbine Parsons utilise ainsi tantôt le travail d'expansion de la vapeur, comme dans les machines à pistons, tantôt le travail d'action dû à la détente de la vapeur dans les roues directrices.

Cette turbine est donc une combinaison rationnelle des principes d'action et de réaction.

A mesure que la pression de la vapeur diminue, par suite des détentes successives, son volume augmente.

Pour présenter à la vapeur détendue une section convenablement agrandie, la hauteur des ailettes croît d'une roue à la suivante jusqu'à une certaine limite. Quand celle-ci est atteinte, on augmente le diamètre du tambour; de là, la forme en échelons donnée aux turbines Parsons. La hauteur des ailettes et les diamètres du tambour sont calculés de façon que les couples de roues se répartissent à peu près également le travail à toutes les charges.

Dans les machines puissantes, à partir de 2 000 *ch*, afin d'éviter les arbres trop longs et pour faciliter la construction et le montage, on effectue la détente dans deux turbines successives.

Les deux turbines de 1 600 *ch* de la station centrale d'Elberfeld, celles de 3 000 et 5 000 *ch* de la station centrale de Porta-Volta à Milan et celles de 5 000 *ch* de la station centrale de Francfort sont construites d'après ce principe.

Le passage de la vapeur dans la turbine engendre une poussée axiale dans le sens du courant. Cette poussée est équilibrée par des pistons compensateurs E de diamètres respectivement égaux à ceux des couronnes mobiles.

L'équilibre de pression est établi par les canaux *e* ménagés dans la paroi du cylindre fixe, qui permettent à la vapeur d'agir avec la même pression sur chacune des faces des pistons et des ailettes de la turbine; l'une des faces du dernier piston est en communication avec le condenseur.

Ces pistons n'ont aucun contact avec le cylindre fixe et, par suite, ne donnent lieu à aucun frottement; pour assurer leur étanchéité, ils portent sur leur pourtour des saillies circulaires qui s'engagent avec un léger jeu dans des cannelures correspondantes du cylindre, de sorte que pour s'échapper, la vapeur est obligée de suivre une direction radiale; mais il est probable qu'au contact des parties mobiles, les molécules de vapeur sont soumises à l'action de la force centrifuge qui s'oppose à ce mouvement et les oblige à rester à l'intérieur du cylindre.

Ce dispositif qui, à première vue, peut paraître insuffisant donne les meilleurs résultats.

Un moyen analogue est employé pour éviter les fuites dans les douilles de l'arbre du tambour à sa sortie du cylindre fixe.

La vapeur destinée à assurer l'étanchéité, provient de l'échappement du servo-moteur de la distribution.

L'efficacité de ce dispositif est telle qu'avec la turbine de 3 000 *ch* de Porta-Volta, on a obtenu un vide correspondant à 95,6 0/0 de la pression barométrique en marchant à vide, bien que cette turbine fût pourvue de quatre douilles semblables, en raison de sa disposition à deux cylindres successifs.

La distance entre les couronnes directrices et les roues mobiles est de quelques millimètres dans le sens de l'axe ; cette distance est réglée rigoureusement au moyen d'un palier à cannelures R, disposé à l'extrémité de l'arbre.

Ce palier ne supporte aucun effort, en raison des dispositions précédemment décrites.

Les turbines à deux cylindres sont naturellement munies de deux paliers semblables, un pour chaque cylindre, permettant de régler les deux parties de la turbine indépendamment l'une de l'autre.

Les turbines Parsons sont généralement construites pour échapper à volonté à l'air libre ou au condenseur.

Dans le cas où on doit marcher à échappement libre, une valve dite *by-pass*, non figurée sur les dessins, permet de faire agir directement la vapeur d'admission, à travers le canal *e* sur une roue de plus grand diamètre.

La détente totale s'effectue ainsi à travers un nombre de roues

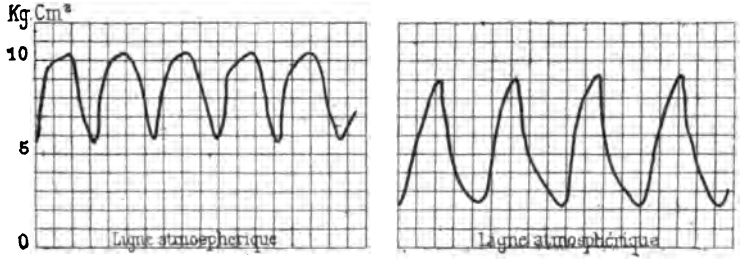


Fig. 17.

convenablement réduit et, d'autre part, les sections de passage offertes à la vapeur sont plus grandes, ce qui est indispensable, car en travaillant à échappement libre, le rapport de détente est sensiblement diminué et la consommation de vapeur, à égalité de travail, doit être naturellement plus grande que dans le cas de marche à condensation.

L'arrivée de vapeur dans la turbine n'est pas continue ; elle

s'effectue au contraire d'une façon intermittente, à raison d'environ 150 à 250 admissions par minute.

Les diagrammes *(fig. 17)* pris avec l'indicateur dans la boîte d'admission montrent clairement le mode d'admission de la vapeur à différentes charges ; les ordonnées de ces diagrammes représentent les pressions de la vapeur, quant aux abcisses, elles sont une fonction quelconque du temps dépendant de la vitesse avec laquelle se meut le tambour de l'indicateur.

L'intermittence dans l'admission de la vapeur est due au mouvement vertical de la soupape d'admission V. Ce mouvement est produit par un servo-moteur à vapeur qui agit de la façon suivante :

La vapeur arrive dans la boîte d'admission par la valve prin-

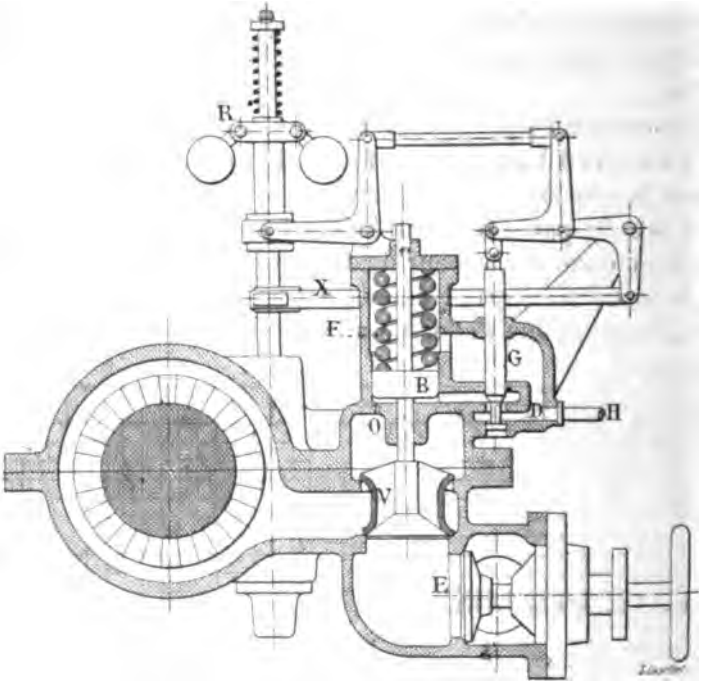


Fig. 18.

cipale E *(fig. 18)* que l'on manœuvre à la main, et entre dans la turbine quand la soupape V est soulevée. La vapeur pénètre d'une façon continue, par une petite ouverture O, dans le cylindre situé au-dessus de la soupape dans lequel se meut un piston B fixé sur la tige de celle-ci.

L'ouverture et la fermeture du canal d'échappement D sont réglées par le petit distributeur G. Quand ce canal d'échappement est fermé, la vapeur soulève le piston B et, par suite, la soupape équilibrée V, en comprimant le ressort de rappel F. Ce ressort exerce son action sur le piston B et tend à maintenir la soupape d'admission constamment fermée. Le distributeur G est animé d'un mouvement vertical de va-et-vient produit par un système de leviers et l'excentrique X. Celui-ci est mû généralement par l'arbre de la turbine et par l'intermédiaire d'un engrenage et d'une vis sans fin, de sorte que le nombre des oscillations du distributeur est en relation directe avec la vitesse de rotation de la turbine. La position du centre moyen d'oscillation du distributeur G est modifiée par le régulateur à force centrifuge R, et suit les oscillations du manchon de ce dernier. Ces variations sont transmises au piston B et, par suite, à la soupape V, selon le principe des servo-moteurs ordinaires.

La vapeur d'échappement du servo-moteur communique directement avec la face supérieure du piston B et s'échappe par le tuyau H.

Cette vapeur est en communication, ainsi qu'il a été dit précédemment, avec les douilles de l'arbre moteur pour empêcher l'entrée de l'air au condenseur.

On peut, en outre, augmenter suivant les cas la quantité de vapeur destinée à maintenir cette étanchéité, en admettant un peu de vapeur directe à l'aide d'un tuyau spécial.

Ce mode d'admission de la vapeur par intermittence, en proportionnant le volume admis à la charge de la turbine, assure une répartition plus rationnelle du travail et offre, en outre, l'avantage que tous les organes d'admission étant animés d'un mouvement oscillatoire continu agissent plus facilement et permettent une régulation plus prompte et plus sûre que celle que l'on obtiendrait s'ils étaient à l'état de repos.

On peut faire varier la vitesse de rotation de la turbine pendant la marche au moyen d'un ressort qui agit sur le manchon du régulateur dans les limites permises par celle-ci. Cette disposition est nécessaire pour les turbines accouplées à des alternateurs qui doivent marcher en parallèle avec d'autres, ou permettre la mise en phase ainsi que la répartition de la charge entre ceux-ci.

Dans le cas où, pour une cause quelconque, le mécanisme de distribution viendrait à ne plus fonctionner, un régulateur à force

centrifuge, placé sur le même arbre que le régulateur de marche, ferme automatiquement, au moyen d'un simple renvoi de leviers, la valve principale d'admission de vapeur E, dès que la vitesse de la turbine dépasse de 15 0/0 environ la vitesse normale de régime.

Le graissage est effectué par une circulation d'huile sous pression, au moyen d'une pompe P actionnée par les mêmes organes qui transmettent le mouvement au régulateur *(fig. 15)*.

Cette pompe aspire l'huile dans un réservoir placé dans la plaque de fondation de la turbine, et la refoule à travers un serpentin immergé dans un bac à circulation d'eau, dans une chambre à air de laquelle partent les différents tubes de graissage.

Cette chambre est munie d'un manomètre qui sert à indiquer à tout moment si la pression est suffisante pour assurer la circulation.

L'huile est reprise par un collecteur qui la ramène au réservoir d'aspiration de la pompe.

Les pompes à air de la condensation sont généralement commandées par une petite machine à vapeur, ou par l'arbre de la turbine par l'intermédiaire d'engrenages et de vis sans fin ; mais on préfère à ce mode de commande celui par électro-moteur, à cause de son extrême simplicité.

La vitesse de rotation des turbines Parsons varie selon leur puissance, de 750 à 4 000 tours par minute, correspondant à une vitesse de 150 à 180 *m* par seconde à la périphérie.

La description rapide des principaux organes qui constituent cette turbine, suffit à en faire ressortir l'extrême simplicité.

Il est utile d'appeler l'attention sur quelques détails de construction.

Les ailettes ne sont pas fixées directement dans la paroi du cylindre ou sur le tambour ; elles sont implantées à queue d'aronde dans des cercles en bronze dur ajustés sur le tambour ou dans le cylindre, et serrés à bloc. L'expérience a montré que l'assemblage des ailettes dans ces cercles présentait une résistance égale à celle du métal même.

Les ailettes ne subissent de la part de la vapeur qu'un effort très faible qui ne dépasse pas 30 à 40 *g* par ailette ; la vitesse de la vapeur est tellement faible, qu'elle n'exerce aucune action.

Il en résulte que les ailettes ne s'usent pas et que, par suite, on ne doit éprouver aucune crainte de diminution du rendement de la turbine.

Les coussinets des paliers sont constitués par trois bagues concentriques en bronze dur, enfilées les unes dans les autres avec un peu de jeu.

L'huile sous pression pénètre entre ces bagues et rachète les différences dues au décentrage de l'arbre ; il s'ensuit que celui-ci tourne autour de son axe de gravité au lieu de son axe géométrique.

Le palier d'extrémité R, destiné, comme il a été dit plus haut, à régler la position de la partie mobile de la turbine, est formé de deux parties, que l'on déplace en sens inverse au moyen de deux vis de rappel.

Parmi les nombreux avantages des turbines Parsons, l'un des principaux réside dans la rapidité et la sécurité de la régulation. La vapeur traversant la turbine dans toute sa longueur en une fraction de seconde, l'action du mécanisme de distribution sur la soupape d'admission se manifeste immédiatement sur la marche de la machine.

Le diagramme *(fig. 19)*, a été pris à l'indicateur dans la boîte d'admission d'une turbine de 600 *ch* pendant une décharge subite de 450 *ch* à 0. Durant cette expérience, répétée trois fois, on a constaté, à l'aide d'un tachymètre très sensible, des variations maxima de vitesse de 2,3, 2,6 et 2,5 0/0 à peine, et il est probable que les petites différences entre ces valeurs dépendent du moment où l'alternateur accouplé à la turbine a été subitement déchargé, soit au début, soit à la fin d'une des admissions à intermittence de la vapeur.

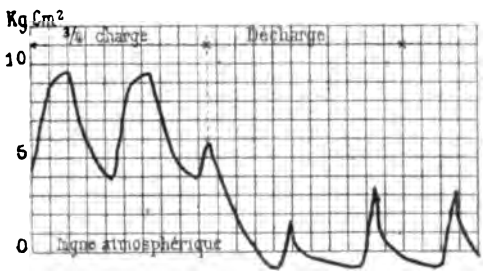


FIG. 19.

Le diagramme de vitesse *(fig. 20)*, relevé sur un turbo-alternateur de 300 kilowatts installé à la station centrale d'éclairage et de tramways de Linz-Urfahr, par les experts chargés des essais de réception, montre : que le nombre de tours ne varie que de 2 0/0 environ entre la marche à vide et la pleine charge ; que lors d'une variation brusque de la charge de 100 0/0, le nombre de tours ne s'écarte de la ligne moyenne que de 1,5 0/0 en plus ou en moins ; que 3,5 secondes environ après une variation

brusque de charge de 100 0/0, la machine a repris sa vitesse de régime.

Il convient encore de citer comme un des avantages des turbines Parsons la faible surface qu'elles nécessitent pour leur installation. Une turbine de 5 000 ch, comme celle de Milan, occupe un emplacement de 16,5 *m* de longueur sur 2,5 *m* de largeur ; la hauteur maximum de la turbine est d'environ 2,5 *m*.

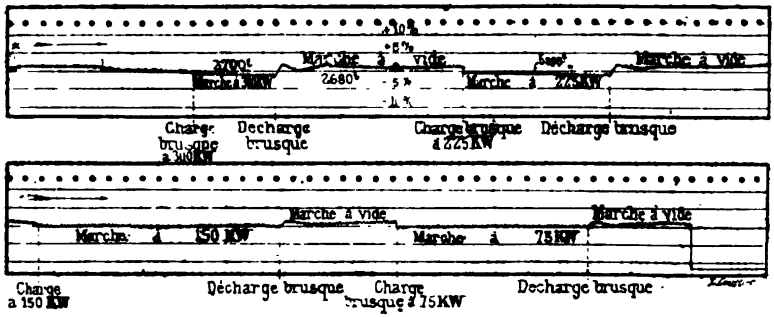


FIG. 20.

La station de Porta-Volta renferme, en effet :

1° D'une part, dans une première salle :

1	groupe électrogène de	1 500	kilowatts	avec machine à	vapeur	Sulzer.
3	— —	700	—	—	—	Tosi.
2	— —	150	—	—	—	—

soit un premier total de 3 900 kilowatts.

2° D'autre part, dans une seconde salle :

1	turbo-alternateur de	3 600	kilowatts.
1	— —	de 2 000	—

soit un total de. . . . . 5 600 kilowatts.

Or cette dernière salle ne mesure que 29,60 *m* sur 17,15 *m* environ, soit une superficie de 508 m^2, tandis que la première a 66 *m* de longueur sur 17,15 *m*, soit une superficie de 1 140 m^2 et la puissance des machines qui y fonctionnent n'est que les deux tiers environ de la puissance des deux turbo-alternateurs réunis.

Le poids relativement faible de 15 à 20 *kg* par cheval effectif, et l'absence totale de vibrations permettent d'établir les turbines sur des fondations légères, sur lesquelles celles-ci ne sont pas boulonnées.

Les essais de consommation de vapeur effectués dans ces derniers temps sur différentes turbines Parsons, construites par la Société anonyme Brown, Boveria et C^ie^, ont donné des résultats comparables à ceux des meilleures machines à vapeur ordinaires. De plus, comme les pertes organiques sont très minimes, la consommation de vapeur est sensiblement proportionnelle à la charge ainsi que cela ressort des essais.

Pour comparer les chiffres qui donnent la consommation de vapeur en kilowatt-heures avec la consommation par cheval indiqué, il convient de multiplier la consommation par kilowatt-heure, par le rendement de la génératrice électrique, par le rendement organique d'une machine à vapeur de même puissance et par l'équivalent électrique du cheval-vapeur ; soit :

$$0{,}91 \times 0{,}90 \times 0{,}736 = 0{,}60 \text{ et } 0{,}65 \text{ au maximum.}$$

De ces essais, il résulte également que la turbine Parsons trouve un avantage sensible dans l'emploi de la vapeur surchauffée. Des expériences répétées avec surchauffe variant de 50 à 100° C. ont montré qu'on réalise une économie de vapeur d'environ 1 0/0 par 6 degrés de surchauffe.

Voici quelques-uns des résultats de ces essais :

Turbo-alternateur de 200 kilowatts de la ville de Coire (Suisse).

Pression de la vapeur à l'admission : 12,5 *kg*.

Température de la vapeur surchauffée 250° C, marche à condensation :

		Pleine charge.	3/4 charge.	1/2 charge.
Consommation de vapeur par	kilowatt-heure	9,59	10,03	10,77
	cheval effectif sur l'arbre de la turbine	7,03	7,39	7,90
	cheval indiqué	6		

Turbo-alternateur de 400 kilowatts de la Société d'exploitation de lignite à Tschœpeln (Silésie).

Pression de la vapeur 7,5 *kg*; vapeur saturée et sèche, marche à condensation.

	Consommation de vapeur saturée			
	totale	par kilowatt-heure		
Puissance.	par heure.	effective.	garantie.	Différence.
—	—	—	—	—
kilowatts.	*kg.*	*kg.*	*kg.*	
400	4 200	10,50	12,50	— 2,00
300	3 800	11,27	13,07	— 1,80
200	2 560	12,80	14,00	— 1,20
100	1 735	17,35	16,50	+ 0,85

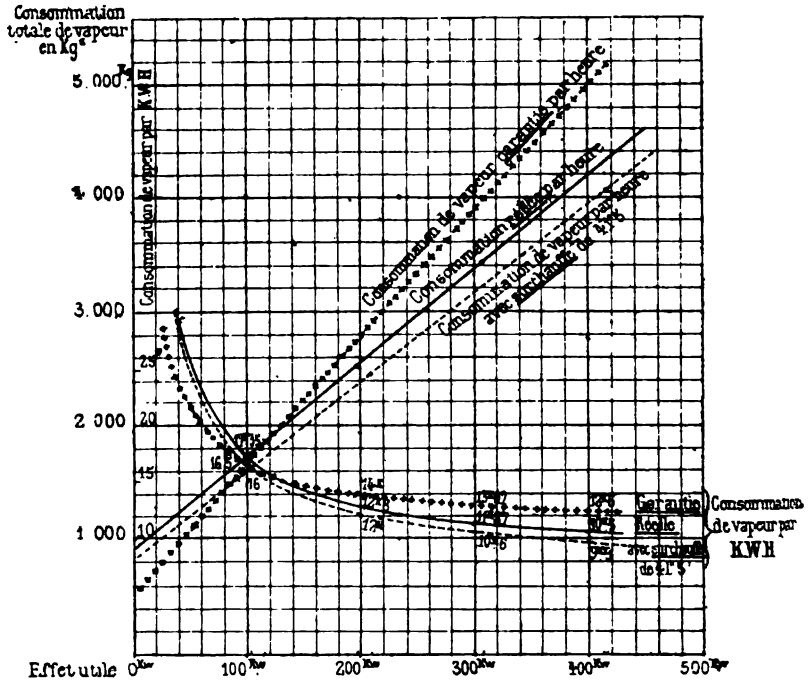


FIG. 21.

La figure 21 reproduit graphiquement les résultats ci-dessus. Pour une charge de 414 kilowatts et 41,4 degrés de surchauffe, on obtient une économie de consommation de 6 0/0, soit 1 0/0 par 6,9 degrés de surchauffe; pour une charge de 212 kilowatts et une surchauffe de 41,6 degrés, l'économie est de 7,1 0/0, soit 1 0/0 par 5,8 degrés de surchauffe.

Turbo-alternateur de 1 000 kilowatts de la station centrale d'Elberfeld.

Les essais de ces moteurs, effectués par les professeurs Schröter et Weber, ont un intérêt particulier en raison des garanties d'exactitude qu'ils offrent; ils sont résumés dans le tableau suivant :

	CHARGE en kilowatts	TEMPÉRATURE de la vapeur	Consommation de vapeur en kilogrammes		
			par kilowatt-heure	par cheval-heure sur l'arbre de la turbine	équivalente par cheval indiqué
Turbine N° 1	1.030	182,0 saturée	9,420	6,37	5,79
	735	183,6 —	10,120	6,80	»
	470	184,8 —	11,310	6,73	»
	1.022	208,7 surchauffée	9,099	6,17	5,61
	758	211,0 —	9,639	6,47	»
	481	207,0 —	10,886	7,11	»
Turbine N° 2	1.042	181,0 saturée	9,693	6,48	5,90
	506	185,0 —	11.340	6,77	»
	1.030	226,9 surchauffée	8,961	6,06	5,51
	510	219,0 —	10,706	7,01	»

Avec une surchauffe de 250° C. prévue dans le contrat, la consommation eût été encore moindre.

Dans un essai effectué par le professeur Ewing, l'une de ces turbines a donné, pour une puissance de 2 200 *ch* effectifs et de la vapeur surchauffée à 230 degrés une consommation de 5,5 *kg* par cheval effectif, correspondant à 5 *kg* par cheval-heure indiqué.

Je termine en donnant les conditions principales des turbo-alternateurs de 3 000 kilowatts fournis à la ville de Francfort, et dont les essais auront lieu bientôt :

Puissance	kilowatts	3 000
Nombre de tours par minute		1 000
Tension	volts	2 500
Pression de la vapeur	*atm*	13

Température de la vapeur surchauffée.	degrés C.	300
Consommation garantie par kilowatt-heure aux bornes	*kg*	7
Consommation équivalente par cheval indiqué .		4,2

Ces résultats et les avantages qui viennent d'être énumérés permettent d'affirmer que la turbine à vapeur Parsons occupera bientôt une place importante dans l'industrie privée, et, pour cette raison, on ne saurait trop engager les Ingénieurs à chercher dans cette voie, un champ à leur activité.

LES PHARES
DU SUD DE LA MER ROUGE
ET LEUR INSTALLATION [1]

PAR

M. J. BENARD

HISTORIQUE

Depuis le percement du Canal de Suez, la Mer Rouge est devenue une des plus grandes routes maritimes du monde, mettant en relations l'Europe avec les pays les plus peuplés du globe : l'Inde, la Chine, l'Australie, le Japon, etc. ; aussi était-il naturel que les puissances maritimes se préoccupent des moyens d'assurer à leurs navires, les meilleures conditions de navigation. Personne n'ignore que les phares sont un des aides les plus précieux de la navigation, et l'éclairage de la Mer Rouge eut longtemps l'attention des puissances.

Le Gouvernement Égyptien établit les phares de : *New-Port* (rade de Suez), en 1856, *Zafarana* en 1862, *Raz-Gharib* en 1872, *Ashrafi* en 1862, *Shadwan* en 1889, les *Frères* en 1883 et *Dœdalus* en 1863. L'éclairage du Nord de la Mer Rouge était ainsi assuré. Les puissances réclamèrent encore l'éclairage du Sud, par les phares de *Djebel-Their*, *Zebayer*, *Abu-Ail* et *Moka*.

Le Gouvernement Anglais offrit d'établir ces feux ; mais le Gouvernement Ottoman, soucieux de ne pas aliéner sa suzeraineté sur les îles et sur Moka, n'accepta pas la proposition.

En 1883, si nous avons bonne mémoire, l'Administration des Ports et Phares Égyptiens étudia la question, reconnut les quatre emplacements projetés et pensa, un moment, exécuter ces feux.

M. Michel Pacha, qui, avec le regretté M. Collas, établit tous les phares de l'Empire Ottoman, obtint du Sultan, en 1880, la concession de tous les phares des Côtes Ottomanes de la Mer Rouge. Avec son activité bien connue, M. Michel Pacha se mit

(1) Voir planche n° 58.

à étudier l'éclairage général de la Mer Rouge et tout le projet en fut établi ; mais avant de passer à l'exécution, il fallait, pour couvrir les dépenses, obtenir des puissances maritimes, l'autorisation de percevoir un droit de phare sur les navires profitant de ces feux. Ce qui paraissait de toute justice, puisque les Phares Égyptiens percevaient des droits de phare très élevés, ne fut pas accepté et le temps se passa en discussions.

Enfin, sur des démarches pressantes des puissances, le Sultan se décida, au commencement de 1899, à faire construire ces phares, et en chargea l'Administration des Phares de l'Empire Ottoman, dont MM. Michel et de Vauréal sont les Administrateurs.

Utilité des quatre phares.

Un coup d'œil jeté sur la carte d'ensemble de la Mer Rouge montre la position respective des feux éclairant le Nord de la Mer Rouge et celle des quatre feux que nous venons d'établir dans le Sud.

Il est facile de reconnaître que depuis le phare Égyptien le plus au Sud, celui placé sur l'écueil de Dœdalus, le marin a 656 milles à courir, jusqu'à Djebel-Their, sans avoir de point de repère pour guider sa route ; il importe, par suite, qu'il reconnaisse exactement Djebel-Their. Cette reconnaissance, de jour, est très facile, mais par nuit noire, elle est très difficile, et des navires, déportés de leur route par des courants, peuvent passer trop loin de cette île ou venir s'y briser.

La carte du Sud de la Mer Rouge *(fig. 1, Pl. 52)*, à plus grande échelle, permet de suivre plus exactement la navigation. Après avoir dépassé Djebel-Their, les navires rangent le groupe des îles Zébayer. Il est intéressant de signaler l'île la plus rapprochée de la route généralement suivie, cette île est celle du Pic Central, au Sud-Ouest du groupe. Du Pic Central jusqu'à Abu-Ail, la route n'est pas directe, de façon à donner du tour à l'écueil, tristement célèbre, d'Avocet. Les navires passent généralement par le chenal des Abu-Ail, mais par nuit noire, nous avons nous-mêmes constaté qu'il était, parfois, impossible de passer dans le chenal et même de reconnaître, avec précision, que l'on a doublé les Abu-Ail. Enfin, il importait de signaler les bancs qui s'étendent à plusieurs milles au large de Moka, et qui expliquent le nouveau crochet que fait encore la route des navires à hauteur

de cette ville. De nuit, ce changement de route ne pouvait se faire qu'à l'estime, les navires devant passer trop loin de Moka pour pouvoir reconnaître ce point, même par nuit claire.

Il y a lieu d'ajouter à ce qui précède, que l'importance de ces feux est encore rendue plus évidente, si l'on tient compte de l'influence des courants traversiers, parfois très violents, tout à fait irréguliers, et portant tantôt sur la côte d'Afrique, tantôt sur la côte d'Arabie.

Commission de reconnaissance et programme d'exécution.

Messieurs Michel et de Vauréal, une fois chargés de l'exécution de ces quatre feux, s'en occupèrent très activement. Ils décidèrent, tout d'abord, de faire reconnaître les points sur lesquels les feux devaient être établis. A cet effet, ils envoyèrent une Commission composée de :

M. Garnier, Ingénieur en Chef de leur Administration des Phares de l'Empire Ottoman, qui, déjà depuis plusieurs années, avait étudié la question de l'établissement de ces feux, et la possédait à fond ;

M. Desprat, Commandant des Messageries Maritimes ;

M. Aly Riza Bey, Lieutenant de vaisseau de la Marine Impériale Ottomane ;

L'Auteur de cette communication.

Les indications données à la Commission étaient les suivantes :

Étudier les conditions d'établissement sur Djebel-Their et sur l'île du Pic Central du groupe des îles Zébayer, de feux de 30 milles de portée, sur l'île Coin du groupe des îles Abu-Ail, d'un feu de 25 milles de portée, et à Moka, d'un feu de 22 milles de portée.

M. Michel Pacha mit à la disposition de la Commission, son yacht l'*Elodie*.

La Commission s'embarqua sur l'*Elodie*, le 7 janvier 1900, à Djibouti, et remonta la Mer Rouge, en s'arrêtant successivement aux endroits désignés pour les phares. Elle put reconnaître, sans trop de difficultés, l'emplacement qui conviendrait le mieux pour les feux de Moka, du Pic Central et de Djebel-Their ; mais il lui fut impossible, en raison de l'état de la mer, de débarquer sur l'île Coin, où devait être installé le phare des Abu-Ail. D'ail-

leurs, les instructions nautiques signalent que l'on peut débarquer sur la côte Est de l'île Coin, mais difficilement, et que l'île Pile est un amas de rochers inaccessibles.

Décisions de la Commission.

Les observations faites et les décisions prises par la Commission furent les suivantes :

1° *Saison la plus convenable pour l'exécution des travaux.*

En raison de la température très élevée qui règne en Mer Rouge, les travaux devaient être commencés à l'entrée de l'hiver et très probablement suspendus au commencement de l'été, pour être repris à l'automne suivant.

De la fin d'octobre au milieu d'avril, la température ne descend jamais au-dessous de 25° centigrades et ne dépasse pas 30°. Si la température est supportable pendant cette période de l'année, en revanche, le vent du Sud-Est souffle, pour ainsi dire, sans arrêt et soulève une mer très dure qui avait notablement gêné les travaux de reconnaissance de la Commission, et qui faisait craindre une gêne bien plus considérable encore pour les travaux de débarquement pendant l'exécution. Il fallait donc tout prévoir pour se prémunir contre le mauvais temps, ce qui conduisait à fixer les conditions auxquelles devait satisfaire le navire à employer pour les travaux.

2° *Détermination des conditions à remplir par le navire à employer pour les travaux.*

On reconnut la nécessité d'avoir un navire d'assez fort tonnage, environ un millier de tonnes, avec une machine assez puissante pour réaliser, dans des conditions ordinaires, une vitesse d'environ 12 nœuds. Cette vitesse fut jugée nécessaire pour permettre au navire de lutter contre les vents et courants contraires qui, dans cette partie de la Mer Rouge, réduisent souvent, de plus de moitié, la vitesse des navires. En outre, ce navire devait comporter des aménagements suffisants pour le personnel dirigeant, qui devait rester à bord pour ainsi dire pendant toute la durée des travaux, pour le transport du personnel des chantiers, tant européen qu'indigène, des animaux nécessaires à l'approvisionnement, des vivres, de l'eau et du matériel. Il devait être muni, en outre, d'appareils accessoires tels que :

Un appareil à distiller capable de fournir au moins 10000*l* d'eau

douce par jour pour l'alimentation non seulement du bord, mais surtout des chantiers, car la visite des îles ne nous avait pas révélé la moindre trace d'eau douce, ni donné le moindre espoir d'en trouver;

Une machine à glace et une chambre froide;

Une étuve, une cuve et un pulvérisateur à désinfecter, car nous devions être en rapports constants avec la côte d'Arabie, où éclate, pour ainsi dire tous les ans, au moment des pèlerinages, la peste ou le choléra, quand ce ne sont pas les deux à la fois.

Le navire devait être éclairé électriquement, muni de projecteurs et moyens d'éclairage puissants, dans le cas où la mer étant plus calme la nuit que le jour, nous obligerait à recourir au travail de nuit.

Il devait emporter également une chaloupe à vapeur aussi puissante que possible, sous un volume et un poids restreints, de façon à en permettre la mise à bord. Cette chaloupe était destinée, soit à remorquer, du navire jusqu'à terre, les chalands et embarcations contenant le matériel à débarquer, soit, au besoin, à nous permettre d'entrer en communication avec les navires qui passaient dans le voisinage des îles.

Pour le débarquement, le navire devait emporter, en outre, des chalands pontés pas trop lourds, pour être hissés à bord, et capables cependant de porter une quinzaine de tonnes de matériel;

Une grue de 6 *t*, installée à bord, devait permettre la mise à la mer de la chaloupe, des chalands et du matériel lourd.

3° *Détermination de l'emplacement des phares.*

A *Moka*, l'emplacement du phare fut fixé auprès du fort du Sud, sur l'îlot de sable Djésir Abd-el-Rout. Le sol de cet îlot n'étant pas à plus de 90 *cm* au-dessus du niveau de la mer, la tour, montée sur pieux à vis, devait avoir 55 *m* de hauteur, pour assurer la portée géographique de 22 milles demandée; les logements devaient être construits en maçonnerie. En raison de la faible profondeur d'eau, il fut reconnu nécessaire d'établir un appontement d'environ 300 *m* de longueur pour permettre le débarquement du matériel; car, à 300 *m* du rivage, nous n'avions pas plus de 2 *m* de profondeur d'eau.

A *Abu-Ail*, malgré un séjour de près de quinze jours au mouillage le plus voisin, au Nord de Djebel Zugur (ce mouillage se trouve vers l'Ouest, à 6 milles de l'île Coin), la Commission ne

put, en raison de l'état de la mer, débarquer sur l'île Coin, et décida que lors de l'exécution des travaux, on commencerait sur un autre chantier pour venir ensuite reconnaître l'île Coin, avec les moyens plus puissants dont on disposerait alors. Dans le cas où l'on vérifierait, comme on était en droit de le craindre, que l'établissement d'un phare sur l'île Coin était impossible, on en référerait au Gouvernement Ottoman; si, au contraire, on reconnaissait la possibilité de le faire, l'Ingénieur chargé de diriger les travaux aurait toute la liberté de s'organiser pour le mieux. Toutefois, on établit la prévision du matériel qui serait nécessaire si l'exécution était possible. Il n'y a pas de mouillage auprès de cette île; par suite, un coffre devait être mouillé le plus près possible de l'île pour y amarrer le navire. Ce coffre devait être assez gros pour pouvoir supporter jusqu'à 300 *m* de chaîne, les sondes variant de 70 à 100 *m*. Sur l'île, un chemin de fer aérien devait être installé pour monter les matériaux jusqu'au sommet, seul emplacement qui paraissait convenir pour l'établissement du phare. En raison de l'altitude (105 *m* au-dessus du niveau de la mer), une tour de 20 *m* de hauteur était plus que suffisante pour assurer une portée de 25 milles.

A *l'île du Pic Central*, l'emplacement choisi fut la montagne centrale ou Pic Central (175 *m* d'altitude), qui a sans doute donné son nom à l'île. Aucun emplacement situé à une altitude moindre ne parut pouvoir donner satisfaction. Pour ce feu également, une tour de 20 *m* de hauteur suffisait largement. Une crique située au Sud-Ouest de l'île parut devoir convenir pour les débarquements et un chemin de fer aérien devait relier ce point au sommet. Cette disposition était subordonnée à l'état de la mer et ne put être réalisée lors de l'exécution, car au Sud de l'île, les calmes, pendant l'hiver, sont excessivement rares et le séjour de la Commission sur cette île coïncidait avec l'unique journée de calme que nous eûmes pendant notre voyage.

Le seul mouillage des navires aux Zébayer se trouvant à environ 6 milles du Pic Central, un coffre d'amarrage devait être mouillé comme aux Abu-Ail.

Le versant Ouest de l'île du Pic Central est entièrement composé de laves.

A *Djebel-Their*, l'île est pour ainsi dire formée de trois plateaux successifs, dont le troisième est couronné par deux pics. L'emplacement choisi fut la face Ouest de l'île et sur le deuxième plateau à environ 120 à 140 *m* d'altitude. Le navire devait être

mouillé également sur un coffre d'amarrage, car les profondeurs sont encore ici plus grandes qu'aux Abu-Ail et à Zébayer; d'ailleurs, l'un des noms que les Arabes donnent à cette île : Djebel-Sebaïn signifie « Montagne sans mouillage ».

Les dispositions d'installation du chantier et de la tour devaient être sensiblement les mêmes qu'aux Zébayer et comporter : chemins Decauville et chemins de fer aériens, tour de 20 *m* de hauteur.

La Commission se rembarquait à Djebel-Their, le 29 janvier 1900, ses travaux terminés.

Caractères des phares.

Restait à déterminer les caractères des phares. Il ne fallait pas songer à employer des appareils à feu fixe, car ces appareils ne permettent pas de réaliser des intensités suffisantes pour assurer largement des portées aussi grandes que celles demandées. On choisit donc des feux à éclats de cinq en cinq secondes pour les deux phares extrêmes de Moka et de Djebel-Their qui, en aucun cas, ne pouvaient être confondus; à groupes de deux éclats toutes les dix secondes pour le phare de l'île Coin, aux Abu-Ail; et à groupes de trois éclats toutes les dix secondes, pour le phare du Pic Central aux îles Zébayer. Ces feux devaient être illuminés avec des becs à pétrole à mèches multiples. A cette époque, l'éclairage à incandescence par la vapeur de pétrole, imaginé et étudié par le Service Central des Phares de France, et depuis adopté d'une façon presque générale dans les phares, n'était encore qu'à la période d'étude et d'essai et ne pouvait être prévu pour les feux dont nous nous occupons. D'ailleurs, ce nouveau mode d'éclairage intensif pourra être facilement installé ultérieurement.

Signature du contrat.

Par suite de démarches relatives à l'approbation, par le Gouvernement Ottoman, des dispositions proposées par la Commission, le contrat définitif ne fut signé que le 25 juin 1900, entre l'Administration des Phares de l'Empire Ottoman et MM. Barbier, Bénard et Turenne.

Ce contrat nous laissait la plus grande initiative, mais le programme établi par la Commission, sous la direction de M. Gar-

nier, traçait si clairement la marche à suivre, que nous n'eûmes qu'à l'exécuter en apportant seulement de légères modifications qu'une reconnaissance rapide n'avait pas permis de prévoir.

Nous n'avions pas le temps de préparer du 25 juin au mois de septembre 1900 une telle entreprise; aussi fut-il décidé que les travaux en Mer Rouge ne commenceraient pas avant octobre 1901. Même pour être prêts à cette époque, il n'y avait pas un instant à perdre en raison de l'importance des préparatifs. Il fallait tout prévoir, tout emporter, car on ne pouvait espérer se procurer sur place ce que l'on aurait négligé d'emporter d'Europe.

Tours et appareils.

Les tours et les appareils furent immédiatement mis en mains.

Nous n'avons rien de bien spécial à signaler sur la construction des tours. Celles de Abu-Ail, Zébayer et Djebel-Their *(fig. 6 à 9, Pl. 52)* se composent essentiellement d'un cylindre en fonte ayant en son axe un tube central supportant, en leur milieu, les planchers également en fonte; ce tube sert, en outre, à la descente du poids moteur de la machine de rotation. Une galerie extérieure supportée par des corbeaux en fonte couronne la tour, au sommet de laquelle est placée la lanterne renfermant l'appareil. Pour éviter l'élévation de température dans ces tours, nous avons disposé, à l'intérieur, un lambrissage en bois. Dans ce climat particulièrement chaud et humide, il était à craindre que l'humidité venant à s'accumuler entre la fonte et le lambrissage en bois n'amenât une corrosion rapide du métal par la rouille. Or, on ne pouvait songer à enlever le lambrissage pour repeindre périodiquement la fonte; nous avons alors pensé à couler du ciment entre le bois et la fonte, ce qui a été exécuté au montage, sur place, sans trop de difficultés.

Chacune des trois tours en fonte avait une hauteur de 20 *m*, un escalier avec limons en tôle régnait dans toute la hauteur des tours.

La tour de Moka *(fig. 10, Pl. 52)*, qui devait avoir près de 55 *m* de hauteur et être montée sur pieux à vis, se composait essentiellement d'un cylindre en tôle renfermant l'escalier, contre venté par six contreforts tubulaires en fonte réunis entre eux dans des plans horizontaux, par des faux planchers et dans d'autres plans par des tirants les réunissant soit entre eux, soit au noyau central de la tour. Le tout reposait sur un solide plan-

cher en fers à T supporté lui-même par neuf pieux à vis, un au-dessous de chaque contrefort et trois au-dessous du tube central. Le tube central avait un diamètre d'environ 1,60 *m* et se terminait à la partie supérieure des contreforts, dans une chambre de service de 3 *m* de diamètre, au-dessus de laquelle étaient placés le plancher portant l'appareil, la lanterne et la galerie de service extérieure.

Quant aux appareils de Moka, Abu-Ail, Zébayer, Djebel-Their, ils étaient, les deux premiers, de deuxième ordre, de 0,700 *m* de distance focale, et les deux derniers, de premier ordre, de 0,920 *m* de distance focale. Tous les quatre étaient du type des feux-éclairs imaginé, en 1890, par M. l'Inspecteur des Ponts et Chaussées Bourdelles. Ces appareils se composent, essentiellement, d'un pivot central convenablement guidé par des coussinets, actionné par un mouvement d'horlogerie à poids et portant, à sa partie supérieure, un plateau sur lequel est installé l'appareil optique. Pour équilibrer le poids de la partie tournante, un flotteur réuni à la table portant l'appareil, plonge dans une cuve remplie de mercure. La rotation de l'appareil est obtenue avec un effort très faible; on peut, par suite, faire tourner ces appareils rapidement et composer la partie optique d'un petit nombre de panneaux de grandes dimensions, tandis que dans les anciens appareils à chariot, dont le poids n'était pas en équilibre, la rotation demandait un effort assez grand et, les machines de rotation à poids n'ayant pas assez de force pour faire tourner les appareils rapidement, on était obligé de composer ces appareils d'un plus grand nombre de panneaux de petites dimensions.

Les appareils de feux-éclairs ont donc permis, par l'emploi de panneaux de plus grandes dimensions, d'obtenir des éclats beaucoup plus puissants, puisque, pour une source lumineuse donnée et pour une distance focale donnée de l'appareil optique, l'intensité de l'éclat est sensiblement proportionnelle à la surface de la lentille. En outre, comme les appareils, grâce au nouveau mode de rotation, peuvent faire une révolution complète dans un temps très court, les éclats se succèdent à des intervalles très rapprochés. Ces feux-éclairs donnent donc des éclats puissants à intervalles très courts et réalisent, ainsi, les meilleures conditions des signaux lumineux.

Le service de ces feux est excessivement simple et peut être confié à un personnel sans connaissances spéciales.

Logements des Gardiens.

Il fut décidé que les logements des gardiens seraient construits en maçonnerie et le plan primitivement adopté le 25 juin, lors de la signature du contrat, comportait 103 m^3 de béton et 118 m^3 de maçonnerie. Ce plan fut modifié dans la suite. Conformément à un dessin envoyé de Constantinople le 19 juillet 1900, le cube de béton s'élevait à 300 m^3 et celui de maçonnerie à 129 m^3. Les logements avaient alors 11 *m* de côté. Après une étude nouvelle de la question, M. Garnier, considérant qu'en raison du climat excessivement chaud de la Mer Rouge, il conviendrait de donner aux pièces des logements des dimensions plus grandes, décida de leur donner 15 *m* sur 15 *m*, de disposer un faux plafond sous la toiture et une vérandah tout autour de ces logements, ces modifications portaient les dimensions en plan à 19,20 *m* sur 19,20 *m* et 20 *m* sur 20 *m* à l'extérieur du chéneau. En outre, on demanda de les établir sur cave ou plutôt sur sous-sol formant magasins, afin de les préserver de la très grande humidité qui règne dans cette contrée. Dans ces conditions, chaque maison d'habitation des gardiens allait exiger un cube de maçonnerie de 932 *m*. avec un cube de béton de 120 *m*, soit à peu près le même cube de béton que dans la disposition prévue lors de la signature du contrat, mais un cube de maçonnerie neuf fois plus grand. C'est le dispositif représenté par les figures 6 à 9 *(Pl. 52)* qui fut exécuté.

Dans les maisons d'habitation des trois îles, en vue de faciliter l'approvisionnement d'eau douce des gardiens, nous avons disposé des citernes pour l'eau de pluie, les chéneaux furent pris à grande section, car dans ces pays tropicaux, les pluies, qui sont généralement rares, sont au contraire très abondantes. En outre, les tuyaux de descente, prévus également à grande section, aboutissent dans des filtres avant de se rendre aux citernes. Ces filtres ont pour but de débarrasser, autant que possible, l'eau des impuretés qu'elle peut recueillir sur les toitures, étant donnée la grande quantité d'oiseaux qui existent sur les îles. Dans les citernes elles-mêmes, du charbon de bois y est disposé pour éviter autant que possible la corruption de l'eau. Chaque phare comporte deux ou trois citernes, de manière à permettre le nettoyage successif.

D'après les renseignements que nous nous sommes procurés,

nous avons décidé d'employer pour toute la menuiserie des logements et le lambrissage des tours, du pitchpin fortement huilé, les bois résineux résistant beaucoup mieux que les bois durs dans les climats chauds et humides. Toutes les fenêtres sont munies de grilles en fer et les murs très épais (70 *cm* environ), de manière à rendre ces logements aussi frais que possible et à l'abri d'un coup de main de la part des pirates. Cinq fusils et cinq révolvers étaient prévus pour l'armement des gardiens. Le faux plafond, formé de bardeaux creux supportés par des fers, permet une circulation d'air entre lui et la couverture, qui est composée de solives en fer ourdées de béton de ciment, le tout recouvert de carreaux de ciment. Tous les fers de la construction ont été soigneusement noyés dans la maçonnerie pour les préserver de la rouille. Un four de boulanger est disposé dans les caves.

En raison du tonnage considérable qu'auraient représenté les carreaux de ciment, si nous les avions pris en Europe, nous décidâmes d'emporter une presse hydraulique à fabriquer ces carreaux, de façon à les faire sur place. Seuls, les briques réfractaires, la terre réfractaire, les briques spéciales en porphyre et ordinaires pour les fours, ainsi que les bardeaux, devaient être emportés d'Europe avec le ciment. Nous décidâmes de nous procurer sur place la chaux nécessaire aux grosses maçonneries. Cette chaux, fabriquée par les Arabes avec des pierres de corail, n'est pas évidemment de premier choix, mais elle est bien suffisante pour les grosses maçonneries, surtout en la mélangeant avec un peu de ciment ainsi que nous l'avons fait.

Logements des Ouvriers pendant les travaux.

Par l'intermédiaire d'un Français, M. Rayton, chef mécanicien du Lazaret de Camaran, qui fut notre obligeant correspondant pendant toute la durée des travaux, nous avions fait construire à l'avance, sur chacune des îles, des ariches ou habitations arabes, de façon à pouvoir loger le personnel dès le jour de son débarquement. Ces ariches ont l'ossature en bois de palétuvier ou de palmier, les murs sont clayonnés en menus bois et recouverts à l'intérieur et à l'extérieur de nattes, la toiture est en feuilles de palmier. Les fenêtres sont faites tout naturellement en supprimant les nattes formant revêtement intérieur et extérieur, une natte mobile forme store.

Ces habitations sont assez fraiches, si on a soin de ménager beaucoup de fenêtres et très suffisantes, excepté par la pluie; mais la pluie est si rare dans ces pays qu'il n'y a pas lieu de s'en préoccuper. Sur Abu-Ail et Djebel-Their notamment, il n'a pas plu pendant toute la durée des travaux, et il a plu cependant une fois à Moka et à Zébayer pendant la même période.

Dans la suite, pour les ariches que nous avons fait établir après notre arrivée, nous avons disposé une vérandah tout autour, arrêté les parois extérieures à une certaine hauteur au-dessous du toit et disposé les pignons avec des nattes amovibles pour augmenter la ventilation.

Sur chacune des îles, nous avions fait établir avant notre arrivée :

4 grandes ariches de $10\,m \times 5{,}50\,m \times 5\,m$;

2 ariches de $20\,m \times 5{,}50\,m \times 5\,m$;

3 ariches de $5\,m \times 5{,}50\,m \times 5\,m$.

Achat et aménagement du navire.

Pendant que nous arrêtions les projets d'exécution, et que nous construisions les tours et appareils, nous nous occupions également de l'achat d'un navire.

Après de nombreuses recherches, nous avons trouvé à acheter, à la Compagnie Générale Transatlantique, un de ses vapeurs qui avait fait le service postal de Marseille sur l'Algérie :

L'*Afrique*, jaugeant 1 250 *tx*, de 80 *m* de longueur de tête en tête, calant en charge jusqu'à 5,60 *m* à l'arrière et avec de confortables aménagements de passagers, comprenant douze grandes cabines de première classe. La machine compound développait 1 000 *ch* effectifs et avait réalisé des vitesses de 12 nœuds.

Nous fîmes entreprendre immédiatement les réparations sur ce navire et les aménagements spéciaux en vue de la campagne. Les chaudières, qui étaient un peu âgées, furent remplacées par des chaudières neuves, et nous ajoutâmes les machines auxiliaires prévues par la Commission. Ces travaux furent terminés à la fin de juillet, et après les essais, le navire commença son chargement à Rouen, vers le milieu d'août. Ce chargement fut assez long et assez délicat, en raison des conditions spéciales dans lesquelles devait s'exécuter le déchargement. Il fallait, en effet, prévoir de placer à portée tout le matériel dont on aurait besoin

pour s'installer. Les cales du navire étaient tout à fait insuffisantes pour emporter, en un seul voyage, à la fois, le matériel d'installation des chantiers et le matériel des phares ; aussi ce premier chargement ne comportait-il qu'une tour et un appareil de phare complet, mais, en revanche, la plus grande partie du matériel de montage, notamment un chargement de bois considérable pour l'installation des appontements et des stations de chemins de fer aériens, deux grues pour les deux premiers chantiers à installer, 2 000 *m* de voies Decauville avec leurs wagonnets, un concasseur, des lampes Wells pour l'éclairage des débarquements de nuit à terre, des chèvres, treuils, chemins de fer aériens, etc. ; en somme, un matériel représentant un cube et un poids considérables.

Le pont était encombré, le long du bordé, de volées, de grues et autres pièces de fer trop longues pour être placées dans les cales ; à l'avant de la passerelle, de deux chalands de 11 *m* de longueur, pouvant porter environ une quinzaine de tonnes chacun, remplis de 500 bidons de 50 *l*, destinés aux débarquements d'eau douce. La chaloupe à vapeur était perchée au-dessus de ces chalands. En outre, nous avions placé au-dessus de la claire-voie de la machine, un troisième chaland pouvant porter également une quinzaine de tonnes. Enfin, tout fut prêt le 15 septembre 1901, et le navire partit de Rouen.

Personnel.

Le personnel de l'entreprise comportait : le Directeur et son Secrétaire, un Sous-Directeur, 14 ouvriers emmenés de France, 6 ouvriers grecs embarqués au passage à Port-Saïd, 11 chefs maçons et maçons italiens, ainsi que 40 coolies arabes embarqués à Suez, 2 interprètes qui devaient nous rejoindre en Mer Rouge.

Ce personnel fut, dans la suite, considérablement augmenté par l'embauchage d'ouvriers européens à Djibouti et en Egypte, 42 ouvriers blancs, et, en outre, par des ouvriers arabes de métiers tels que : maçons, charpentiers, forgerons, chauffeurs, mais surtout par des manœuvres, 3 015 arabes ou indigènes.

Quant au navire, nous lui avions donné un rôle d'équipage beaucoup plus important que quand il naviguait pour la Compagnie Transatlantique. Ce rôle portait 10 officiers compris le docteur et le chef du service des vivres, 12 matelots, 14 graisseurs et chauffeurs, et 12 hommes pour le service du restaurant, dont

4 devaient être débarqués, un sur chaque chantier, pour la cuisine et le service des vivres. En passant à Port-Saïd, nous avions, en outre, pris 12 chauffeurs arabes pour éviter la fatigue à notre personnel, et nous adjoignîmes, dès le mois de novembre, 20 Arabes pour aider les matelots.

Service des navires.

Comme nous ne pouvons, dans cette communication, suivre le travail jour par jour, nous croyons préférable d'examiner successivement le travail effectué par les navires, puis celui effectué sur chacun des chantiers.

L'*Afrique*, arrivé le 16 octobre auprès de l'île du Pic Central, débarquait, dans la même journée, la chaloupe à vapeur et les chalands. Le travail exécuté par son personnel consistait uniquement à débarquer le matériel dans les chalands et à fournir des patrons de chalands qui, au début, étaient des matelots européens, mais qui furent remplacés, dans la suite, par des Arabes.

L'*Afrique* resta au service des chantiers du 16 octobre 1901 jusqu'au 20 mai 1902. Pendant ce temps, il parcourut environ 3236 milles, transporta environ 1 800 *t* de matériel, séjourna 76 jours dans les ports, 118 jours sur les chantiers et 23 jours à la mer. A la fin d'avril, le navire ayant besoin d'être nettoyé, il fut décidé qu'il remonterait à Suez se faire caréner et réparer dès qu'il aurait débarqué à Moka le matériel qu'il possédait encore dans ses cales. Nous avions affrété, pour assurer, pendant ce temps, le service des chantiers, un navire à vapeur de moindre tonnage, 250 *t* environ, le *Sheikh Berkhud*. Tout d'abord, notre intention était de faire revenir *l'Afrique* après l'avoir réparé et en avoir changé l'équipage ; mais en présence de l'extrême satisfaction que nous donnait le service du *Sheikh Berkhud*, nous avons renoncé à cette combinaison, vendu *l'Afrique*, et conservé le *Sheikh Berkhud* pour terminer les travaux. L'équipage de ce navire était composé de 4 officiers, 2 pour le pont et 2 pour la machine et de 28 Arabes ou indigènes. Nous considérons comme un devoir de rendre hommage à l'intelligent, dévoué et loyal concours que nous a donné l'état-major de ce navire, commandé par l'excellent capitaine James Magee. Le *Sheikh Berkhud* a passé 116 jours sur les chantiers, 70 jours à la mer, seulement 31 jours dans les ports. Avec ce navire, nous n'avons que très rarement passé une nuit dans un port, grâce à l'activité déployée, le tra-

vail était entièrement fait dans la journée et, arrivés le matin, nous repartions généralement le soir, tout en ayant embarqué souvent jusqu'à 150 *t* de matériel dans la journée.

Du 24 avril jusqu'au 29 novembre, nous avons parcouru 12 353 milles avec ce navire et transporté de 7 000 à 8 000 *t* de matériaux, matériel, vivres, etc.

Si le *Sheikh Berkhud* nous donnait pleine satisfaction au point de vue du travail, au point de vue du confortable il laissait beaucoup à désirer, car nos jours et nos nuits se passaient sur le pont ; heureusement, nous étions acclimatés et nous pûmes supporter assez facilement ce surcroît de fatigue.

Pendant tout le temps que les navires séjournaient auprès d'un chantier, il y avait toujours soit à débarquer du matériel, des vivres, de l'eau ou des ouvriers, soit, en outre, ce qui arriva surtout pour le *Sheikh Berkhud*, à réembarquer du matériel, que l'on transportait d'un chantier plus avancé sur un autre, ou des pierres pour le chantier de Moka. Un des travaux de débarquement les plus désagréables était celui de l'eau. Cette eau était emmagasinée à bord dans des bidons de 50 *l*, transportée à terre et transvidée dans de grands réservoirs. Cette opération donnait lieu à une perte considérable, malgré toute la surveillance exercée. Il fallait, pour chaque chantier, près de 50 000 *l* d'eau douce par mois tout en rationnant le personnel.

Une opération assez délicate exécutée par l'*Afrique* fut le mouillage des gros coffres d'amarrage à Abu-Ail et à Djebel-Their.

Pour compléter la partie maritime de l'entreprise, nous devons parler des sambouks ou boutres arabes que nous avons dû affréter pour faciliter le travail.

Dès le début, un sambouk capable de porter une quinzaine de tonnes reliait Zébayer à Camaran, et ce sambouk continua ce service pendant toute la durée du chantier de Zébayer. Un autre sambouk de même tonnage réunissait également Camaran à Djebel-Their. Ces deux sambouks avaient pour mission de réapprovisionner constamment ces deux chantiers en bois à brûler, chaux, fourrage pour les bestiaux, à transporter des manœuvres arabes, etc... Nous eûmes, en outre, en permanence sur le chantier de Moka, un autre sambouk, qui effectua quelques voyages jusqu'à Abu-Ail et que le *Sheikh Berkhud* emmena quelquefois à la remorque pour activer sur les chantiers les chargements de pierres destinées à Moka. Enfin, en dehors de ces sambouks affrétés pendant toute la période des travaux, nous dûmes en

affréter d'autres pour faciliter les débarquements, car les trois chalands emportés par le navire ont successivement sombré, ainsi que deux embarcations.

Certains nachodas, commandants des sambouks, étaient vraiment d'une habileté extraordinaire à les manœuvrer.

Travail exécuté sur les chantiers.

Nous arrivions à Zébayer, le premier chantier entrepris, le 16 octobre, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, à Abu-Ail, le 4 janvier, à Djebel-Their le 5 février, et sur chacun de ces points, le chantier était immédiatement organisé.

A Moka, nous arrivions le 5 mars, mais nous ne pûmes débarquer le premier ouvrier européen que le 8, et aucun travail ne fut commencé avant le 18 mars.

Le phare de Zébayer fut terminé le 18 octobre ;
— Abu-Ail — 27 —
— Djebel-Their — 18 novembre ;
— Moka, — 26 —

Nous avons donc continué les travaux pendant tout l'été, contrairement à ce qu'avait pensé la Commission, car nous nous sommes rendu compte que ce serait un véritable désastre de les suspendre, de disperser le personnel que nous avions eu tant de mal à réunir, et nous craignions de retrouver le matériel hors d'usage. Cette dernière crainte était bien fondée, puisque, un mois à peine après l'achèvement des travaux, sur certains chantiers, malgré les précautions que l'on avait prises de repeindre et de regraisser tout le matériel, il y a eu des ruptures de câbles et de bois quand on a voulu se servir des chemins de fer aériens. Les bois qui n'avaient pas été fortement huilés devenaient cassants sous l'influence du climat.

Comme nous avons eu occasion de le dire plus haut, la bouée de Djebel-Their a été enlevée par la mer au mois de décembre, et l'absence de cette bouée aurait singulièrement gêné le navire pendant les séjours forcés qu'il aurait eu à faire auprès de cette île pour l'achèvement des travaux, qui n'auraient été terminés qu'au mois d'avril ou mai de cette année, si on les avait interrompus pendant l'été.

Toutefois, pendant les mois de juillet, août et septembre, nous avons dû suspendre le travail quelques jours, pendant lesquels la

température a été telle que les Arabes eux-mêmes ne pouvaient plus travailler, ni même marcher pendant la journée sur le sable ou les rochers. D'avril à fin mai, la température n'est point descendue au-dessous de 30 degrés; de fin mai à fin juin, au-dessous de 36 degrés; en juillet, août et septembre, au-dessous de 39 degrés, et elle a atteint jusqu'à 49 degrés sur le pont du navire sous triple tente. Cette température élevée est encore d'autant plus pénible qu'elle se maintient également la nuit où l'on ne constate pas même un degré de différence avec la température du jour.

Marche des travaux à Zébayer.

La carte *(fig. 3, Pl. 52)* nous permet de nous rendre un compte exact des travaux exécutés sur l'île de Zébayer. Elle indique très nettement l'emplacement du phare et des différentes installations. L'emplacement du phare est bien celui prévu par la Commission, mais la station de débarquement, qui était prévue par la Commission sur la plage Sud-Ouest, dut être établie au Sud-Est de l'île, pour deux raisons. La première est que l'état de la mer ne permettait pas, pendant l'hiver, de débarquements au Sud de l'île, et la seconde est que les Arabes chargés d'établir les ariches destinées au logement des ouvriers avaient, par bonheur, placé ces ariches au pied du versant Nord de la montagne, au lieu de les placer au pied du versant Sud. Il n'était pas possible, toujours en raison de l'état de la mer qui brisait furieusement sur toute la côte Est, de trouver un point plus rapproché des ariches que celui situé au Sud-Est de l'île, et c'est là que nous établîmes le premier appontement avec de grandes difficultés et au prix d'efforts généreux, notamment de la part des charpentiers grecs que nous avions pris à Suez et qui passèrent plusieurs journées dans l'eau.

Ce travail, commencé le 17 octobre, était terminé le 25 du même mois.

Cet emplacement était, toutefois, loin d'être satisfaisant, car, quand la mer du Sud grossissait, il était inabordable, et souvent les chalands et les embarcations, rompant leurs amarres, furent portés par la mer jusque sur le tablier de cet appontement. Aussi, dès la fin du premier mois, nous fîmes entreprendre un second appontement plus au Nord, mais nous ne pûmes le prolonger suffisamment pour permettre aux sambouks et aux cha-

lands de l'accoster en toute sécurité ; de sorte que nous avons considéré nécessaire d'en faire un troisième encore plus au Nord et à un endroit où nous avions plus de fond. Cet appontement absorba une grande quantité de nos bois, et fut renforcé au moyen de pierres que nous y avions roulées, quand, à peine terminé, il fut entièrement démoli par la seule tempête du Nord que nous eûmes pendant l'hiver ; nous nous sommes, par suite, trouvés obligés de conserver le premier appontement, qui résistait tant bien que mal à la fois à la grosse mer du Nord et à la grosse mer du Sud, mais nous étions obligés de suspendre parfois les débarquements pendant deux ou trois jours et de réparer constamment cet appontement. Un chemin fut tracé au milieu de la lave pour réunir l'appontement aux ariches ; une voie Decauville y fut installée avec un embranchement pour desservir la station inférieure du chemin de fer aérien, que nous avions établie sur l'unique emplacement sablé existant dans le voisinage de l'appontement. Il y avait là une surface assez grande pour nous permettre d'y déposer tout le matériel débarqué avant de le monter au sommet de l'île. Pour aller des ariches au sommet, nous avons tracé un chemin de montagne en lacets et nous avons installé sur le sommet une ariche pour abriter les ouvriers pendant les heures de repos et pour y emmagasiner une partie de l'outillage. En raison du personnel considérable que nous avons toujours eu sur ce chantier, au moins 150 Arabes et une vingtaine d'Européens, le nombre des ariches établies était insuffisant et nous dûmes en construire d'autres. L'une d'elles fut établie auprès de la station inférieure du chemin de fer aérien ; elle servait, à la fois, de magasin et d'atelier pour la fabrication des carreaux en ciment. Tant que le matériel ne fut pas monté au sommet de l'île, des gardiens armés couchaient dans cette ariche.

La carte représente également la sablière où nous avons trouvé de l'excellente pouzzolane pour le mortier des maçonneries.

Pour les enduits, nous avons dû monter du sable pris auprès du rivage. La pierre qu'il fallut faire sauter pour préparer l'emplacement du phare, nous servit pour les maçonneries.

Ces quelques explications permettent d'avoir une idée exacte de l'organisation du chantier.

Pour les débarquements, la chaloupe à vapeur remorquait les chalands jusqu'à environ 250 *m* de terre ; là, les chalands étaient

mouillés et étaient ensuite déhalés jusqu'à l'appontement au moyen d'une amarre que les ouvriers de terre y apportaient à l'aide d'une petite embarcation. Cette opération, d'apparence très simple, ne laissait pas de nous causer souvent de graves ennuis. En effet, parfois, l'amarre se prenait dans les rochers du fond, et il fallait alors que d'excellents plongeurs indigènes aillent la dégager; d'autres fois elle se rompait, et il fallait en toute hâte en porter une autre pour empêcher le chaland de partir en dérive. Enfin, quand on arrivait auprès de l'appontement, s'il y avait un petit peu de mer, il fallait immédiatement allonger trois ou quatre amarres de façon à maintenir le chaland par l'avant et par l'arrière, et l'empêcher d'être brisé sur les rochers ou sur l'appontement lui-même.

Il y avait, sur cette île, des réservoirs pouvant contenir jusqu'à 48000 *l* d'eau. L'installation du chemin de fer aérien nécessita, pour la station inférieure, des massifs en maçonnerie très considérables, de façon à élever suffisamment au-dessus du sol les contrepoids de tension des câbles, car on ne pouvait songer à creuser des puits dans les rochers pour les dits contrepoids.

La station supérieure exigeait également un massif d'ancrage pour les boulons de fixation des câbles. Le chemin de fer aérien à double ligne ne fut terminé et mis en service que le 10 février.

Les chemins et les travaux préparatoires terminés, vers le 15 novembre on commença à araser le sommet, pour préparer l'emplacement nécessaire pour les maçonneries des logements. Ce travail préparatoire dura jusqu'à la fin de décembre et, en attendant l'achèvement du chemin de fer aérien, on commença les maçonneries en montant à dos d'hommes l'eau et le sable. Ce travail avançait très lentement, malgré le nombre considérable d'indigènes employés à ce transport.

Les murs des caves étaient terminés fin février. La tour était montée fin mai et le phare prêt à être allumé; les maçonneries, les enduits, les menuiseries et les installations accessoires ne furent terminés qu'au commencement d'octobre 1902, soit plus de douze mois après notre arrivée sur ce chantier, où nous avons eu une moyenne de 140 Arabes et 18 Européens.

Marche des travaux à Abu-Ail.

Le second chantier entrepris fut celui d'Abu-Ail *(fig. 2, Pl. 52)*.

Le Directeur des travaux, accompagné du chef de chantier, était descendu sur cette île, le 26 décembre, et nous avions réussi, après d'assez grandes difficultés, en nous aidant des mains et des pieds, à gagner le sommet de l'île. Toutefois, cette première visite nous avait démontré la possibilité d'établir le phare sur cet îlot, où nous n'avions pu débarquer avec la Commission pendant l'hiver 1900. Éclairés par cette reconnaissance, nous revenions le 5 janvier à Abu-Ail avec tout le personnel nécessaire à l'organisation du chantier. Le navire avait, au préalable, mouillé un coffre d'amarrage au Nord de l'île Coin et, dès les premiers jours, on scella à terre un faisceau de pieux pour y attacher une amarre destinée à se fixer sur l'arrière du navire et à tenir ainsi l'arrière à environ une centaine de mètres de terre. Il ne fallait pas, en raison de l'état de la mer, songer à atterrir du côté Est, bien que les instructions nautiques indiquent que ce soit le seul côté où l'on puisse aborder, mais avec difficultés, et nous avons débarqué sur la face Nord. Sur toute cette face de l'île, au pied du rocher élevant ses parois à pic, il existe comme une sorte de petit quai naturel, recouvert de 30 à 40 *cm* d'eau à marée haute, n'ayant pas même par endroit 1 *m* de largeur. Le long de cette sorte de quai, tout à fait à pic, on a 10 à 15 *m* d'eau. Nous avons profité d'un endroit légèrement plus large pour y installer la grue. Il était impossible d'emmagasiner le matériel autour de cette grue et il fallait le transporter immédiatement auprès des ariches, ce que nous avons fait au moyen d'une voie Decauville établie sur le quai et par endroits surplombant la mer, portée par de gros bois. Comme la grue était très exposée, nous avions scellé son pivot dans un massif en maçonnerie. Quand l'emplacement disponible eut été encombré de pièces, nous en avons laissé quelques-unes dans les anfractuosités des rochers auprès de la grue, à 4 ou 5 *m* au-dessus du niveau de la mer. La tempête du Nord, qui avait emporté un de nos appontements et notre premier chaland à Zébayer, enleva onze pièces de la tour. Nous avons réussi à les retrouver, grâce à l'appareil de scaphandre dont nous avions eu soin de nous munir; elles se trouvaient par 15 *m* de profondeur d'eau. La voie Decauville, d'ailleurs, avait été enlevée par la même tempête, de sorte que, dans la suite,

les transports des vivres, d'eau douce, etc., durent être faits à dos d'hommes. Les ariches que nous avions fait établir par les Arabes, avant notre arrivée, étaient envahies par l'eau à marée haute et il fut nécessaire de les déplacer, mais, pour cela, il fallut faire leur place à la mine, car il n'y avait pas sur l'île le moindre emplacement de niveau.

La carte représente la petite plage où nous prenions le sable et où nous avons eu le bonheur d'en trouver juste assez pour nos maçonneries; il n'en est pas resté 1 m^3 sur l'île après l'achèvement des travaux. On voit également les endroits où nous extrayions la pierre à transporter à Moka.

Pendant l'été, à cause du ressac, nous devions atterrir par la face Est et Sud-Est, et le navire mouillait entre l'île Pile et l'île Coin.

La construction du chemin d'accès au sommet fut très difficile et dut se faire également à la mine; par endroits, il fallut construire des murs de soutènement en pierres sèches de plusieurs mètres de hauteur. La construction de ce chemin dura six semaines.

La station inférieure du chemin de fer aérien dut être installée sur un rocher avançant dans la mer pour nous donner le recul suffisant. Ce chemin de fer aérien à ligne unique fut terminé et mis en service vers le 15 mars.

Pendant que l'on faisait tous ces travaux préparatoires, on commençait l'arasement du sommet de l'île, et l'on fit sauter de 6 à 8 000 m^3 de pierres pour obtenir une terrasse de 400 m^2 de surface nécessaire à l'établissement des logements. Malgré ce cube formidable de pierres enlevées, le mur de soubassement atteint, par endroits, du côté Sud, jusqu'à près de 6 m de hauteur. Le travail d'arasement fut terminé à peu près en même temps que le chemin de fer aérien. On entreprit immédiatement le soubassement et le montage de la tour.

Au 1er juin, la tour et l'appareil de phare étaient montés et le phare était prêt à être allumé; mais les maçonneries étaient à peine commencées, et le travail ne fut terminé que le 28 octobre, soit 9 mois et 23 jours après notre arrivée sur ce chantier, où nous avons eu une moyenne d'environ 120 Arabes et de 12 Européens.

Marche des travaux à Djebel-Their.

Les travaux furent commencés à Djebel-Their le 5 février 1902 *(fig. 5, Pl. 52)*.

Les opérations commencèrent, comme à Abu-Ail, par le mouillage du coffre d'amarrage. Cette opération réussit moins bien qu'à Abu-Ail, car, sous prétexte d'essayer si l'ancre avait bien mordu sur le fond, on fit plusieurs fois le tour de la bouée en faisant machine en avant toute, tant et si bien que l'on finit par partir en dérive avec cette bouée, son ancre et les 250 *m* de chaîne pendue après la bouée.

Pour faire mordre l'ancre à nouveau, on piqua droit sur l'île à toute vitesse ; notre plus forte amarre se rompit dans cette opération, mais l'ancre prit suffisamment pour que le coffre se maintînt en position pendant toute la durée des travaux. Nous venons d'apprendre qu'il a disparu depuis, dans une tempête, au mois de décembre ou janvier de cette année.

Les Arabes avaient installé les ariches dans une sorte de cirque au Nord-Ouest de l'île. Auprès des ariches, une crique naturelle, formant un véritable petit port, convenait très bien pour les débarquements ; aussi, nous avons renoncé même à essayer de débarquer à l'emplacement fixé par la Commission.

Le chemin fut tracé le plus économiquement possible, et n'avait que la largeur nécessaire à l'établissement de la voie Decauville. Il conduisait jusqu'à la cote + 42, au pied du plateau où devait être installé le phare. Ce chemin présentait parfois des pentes assez raides, ce qui rendait les transports coûteux et pénibles.

Les ariches destinées au logement des Arabes furent transportées au bas du plateau où devait être établi le phare et un plan incliné à double voie, dont une partie importante en viaduc, permit le transport des pièces à pied d'œuvre. Nous avons renoncé au chemin de fer aérien primitivement prévu, car la ligne aérienne double à long développement de Zébayer nous avait causé bien des ennuis. Par grand vent, les quatre câbles s'entremêlaient, ce qui a occasionné des chutes de wagons, de matériel et des suspensions de travail. Un embranchement permettait d'aller chercher l'eau de mer pour la maçonnerie sur la petite plage prévue par la Commission pour les débarquements. Quant à la pierre, nous l'avons trouvée tout autour du phare ainsi que le sable, pouzzolane excellente comme à Zébayer. Le

sable blanc pour les enduits fut pris au bord de la mer. Pendant l'été, saison où règne le vent du Nord, le navire a dû venir mouiller au Sud de l'île, ce qui a encore conduit à faire un nouveau chemin et à installer un campement au Sud de l'île pour y loger des gardiens armés en prévision des menaces faites par les pirates. Malheureusement, nous n'avions plus de voies Decauville et les transports à faire depuis ce débarcadère du Sud jusqu'au pied du phare, nous ont coûté horriblement cher, bien que nous ayons eu recours à des mulets et à des ânes. C'est ainsi que les carreaux de ciment nous revenaient à près de 60 centimes l'un de transport sur l'île. Nous n'avons pu obtenir des Arabes qu'ils se servent des brouettes, ils préféraient porter les charges sur le dos.

La carte représente, tant au Nord qu'au Sud, les endroits où nous avons extrait de la pierre pour la transporter à Moka. C'est ce chantier qui nous a fourni la plus grande quantité de pierres pour Moka. Nous n'ajouterons qu'un mot sur cette carte, c'est que le transport, par les Arabes, de l'eau de mer prise en X et montée au sommet, malgré la voie Decauville et le plan incliné, nous revenait entre 20 et 25 centimes le litre, par suite du profil accidenté de la voie et surtout de la paresse des Arabes, et de la difficulté de les faire travailler.

C'est sur cette île que les transports ont coûté le plus cher.

Tous les travaux préparatoires, chemin du Nord et plan incliné, furent terminés le 1er mai, c'est-à-dire qu'ils exigèrent près de trois mois de travail. La tour et l'appareil de phare, installés avant de commencer la maçonnerie, furent terminés le 15 juillet, et le feu aurait pu être allumé à cette époque.

La voie Decauville, près du débarcadère, et la grue elle-même, ont été plusieurs fois déplacées par la mer.

Les maçonneries, menuiseries et toutes les installations accessoires ne furent terminées que le 15 novembre, soit neuf mois et dix jours après notre arrivée sur ce chantier, où nous avons eu une moyenne de 150 Arabes et de 15 Européens.

Marche des travaux à Moka *(fig. 4, Pl. 52)*.

Nous sommes arrivés à Moka le 4 mars par une mer démontée, nous ne disposions pour atterrir que des embarcations du bord, la chaloupe à vapeur n'ayant pu affronter le gros temps. Aucune ariche n'était montée et la seule chose que nous ayons pu faire

a été de débarquer un interprète pour nous procurer des vivres et faire commencer les ariches, pendant que nous retournions à Abu-Ail chercher le chef de chantier de Moka, que nous avions laissé provisoirement sur ce point. Le 8, nous reconnaissions l'emplacement du phare avec notre chef de chantier, qui s'installait comme il pouvait, seul, avec des Arabes, dans le fort en ruine. Le 11, nous débarquions un second Européen et quelques vivres, et nous devions quitter Moka, laissant à notre chef de chantier le soin de s'organiser, ce qu'il fit à notre entière satisfaction, habitué qu'il était depuis plusieurs années à vivre en Arabie et connaissant parfaitement la langue du pays.

C'est le 13 seulement que nous avons pu revenir à Moka et que nous y avons trouvé la chaloupe à vapeur qui, à partir de ce moment, facilita nos communications avec la terre. Jusque-là, nous n'avions pu nous servir que des barques du bord, les sambouks de Moka nous ayant refusé de venir à cause du mauvais temps et demandant des prix exorbitants. A partir de ce moment, voyant que nous pouvions nous passer d'eux, ils ont consenti à travailler pour nous, et chaque fois que nous étions à Moka, nous avions jusqu'à cinq et six sambouks à notre service pour les débarquements.

Nous ne pûmes commencer les débarquements de bois destiné à l'appontement que le 6 avril.

Le plan représente toute l'organisation du chantier de Moka avec son campement relativement réduit, car nous ne logions que peu d'Arabes, seulement les ouvriers de métier que nous avions amenés de Djibouti et d'Aden ; les manœuvres habitaient Moka.

Ce chantier était bien ramassé et sans les difficultés de débarquement occasionnées à la fois par l'état de la mer et par la grande distance de terre à laquelle le navire devait mouiller, les travaux suivirent un cours régulier et satisfaisant. Toutefois, nous eûmes bien quelques ennuis avec les Arabes, les Sheiks voulant nous imposer des manœuvres de leur choix et venant en armes nous faire des menaces. Ils avaient même imaginé d'empêcher le ravitaillement du chantier en eau douce, ce qui arrêta le travail pendant plusieurs jours. Heureusement, le Caimacan ou Gouverneur de Moka nous accorda toujours son appui et, en plusieurs circonstances, n'hésita pas à mettre en prison les promoteurs de désordre.

Le débarquement du premier chaland eut lieu à Moka le

6 avril ; on échouait ce chaland et les Arabes entraient dans l'eau jusqu'aux épaules pour décharger les pièces légères ; au fur et à mesure que le chaland s'allégeait, on le rapprochait de terre.

Le 10 avril, on commence le fonçage des pieux de l'appontement, travail pour lequel on profitait du beau temps, soit la nuit, soit le jour ; pendant cette opération, le radeau portant la sonnette partit plusieurs fois en dérive et l'appontement, long de 200 *m*, ne fut terminé, au prix des plus grands efforts, que vers le 25 avril. Nous prenions l'eau douce dans l'intérieur, à 6 *km* de Moka ; des chameaux l'apportaient à la ville et une pirogue faisait toute la journée le transport de l'eau douce entre Moka et le chantier.

Le vissage des pieux de la tour fut commencé le 1er juin ; nous avons, en outre, battu entre les pieux en fer, les pieux en bois qui nous restaient de la construction de l'appontement, de façon à supporter le massif de la tour.

Comme il n'était pas possible d'enfoncer tous les pieux à vis à la même profondeur, nous avons dû recéper les pieux en fer les plus élevés avec une machine spéciale que nous construisons pour ce genre de travaux.

Le montage de la tour se faisait sans échafaudage ; une potence, dont l'âme était formée d'un tube emmanché dans le noyau de l'escalier, était en outre contreventée au moyen de tirants sur le cylindre de la tour, servait au levage et à la mise en place des pièces ; il suffisait de placer quelques planches sur les faux planchers contreventant les colonnes avec le noyau central dans les plans horizontaux, pour que les ouvriers pussent travailler en toute sécurité.

Le phare de Moka était terminé le 25 novembre, huit mois et dix jours après notre débarquement sur ce chantier, mais il faut déduire environ un mois pendant lequel on n'a pu, pour ainsi dire, faire aucun travail. Le personnel, sur ce chantier, a comporté parfois jusqu'à 250 Arabes et il y a toujours eu plus de 20 Européens.

Moka était en effet notre arsenal et notre atelier de réparation ; c'est là que nous faisions la réparation de nos embarcations, chalands, chaloupe à vapeur, ce qui occupait du personnel d'une façon continue, en raison de la fatigue de ce matériel soumis à un travail très dur. Les magasins d'approvisionnements, machines auxiliaires, l'infirmerie étaient à Moka.

Réception des travaux.

Nous avons allumé tous les phares le 2 novembre. M. de Vauréal, Administrateur, et M. Garnier, Ingénieur en Chef des Phares de l'Empire Ottoman, arrivaient à Aden le 10 pour recevoir les travaux et avaient pu voir les phares allumés sur leur passage.

Le 18, ces Messieurs avaient visité les quatre phares et installé les services de gardiennage.

Les phares étaient éteints en attendant des instructions du Gouvernement Ottoman. Ce dernier n'avait, en effet, demandé l'allumage de ces feux qu'en 1905, et nous étions en avance de deux ans sur le délai accordé.

L'entretien et le ravitaillement des phares seront extrêmement coûteux et difficiles et ne pourraient être même comparés à ceux des phares en mer sur les côtes d'Europe, car il ne faut pas oublier que l'on ne dispose d'aucune ressource dans le voisinage et que le phare le plus éloigné est à 26 heures de mer de Périm et à 40 heures d'Aden.

Le 28 novembre, après avoir terminé les différents inventaires à Moka, nous quittions définitivement ce chantier.

Résumé des travaux.

Si nous résumons les travaux exécutés, les navires et sambouks ont transporté plus de 10 000 *t*. Les chantiers, outre le montage des tours métalliques, ont extrait 14 500 m^3 de pierres, — construit 5 750 m^3 de maçonneries de chaux ou de ciment, pour lesquelles nous avons employé 1 050 *t* de chaux et 300 *t* de ciment, — 3 036 *t* de maconneries de pierre sèche.

Chaque chantier a comporté en moyenne, pendant toute sa durée, 150 Arabes et 16 Européens.

Le service des vivres avait à alimenter en moyenne, par mois, 600 Arabes, 70 Européens, et il lui a fallu : 2 650 moutons, — 42 bœufs, — 5 875 poulets, — plus de 100 000 *k* de légumes, — plus de 100 000 *kg* de farine, — 29 000 *l* de vin, — 2 000 000 *l* d'eau douce.

Remarques sur la marche des travaux.

Avant de terminer cette communication, il nous paraît intéressant de faire quelques remarques sur la marche des travaux.

En premier lieu, on se demandera, peut-être, pourquoi nous n'avons pas employé des moteurs pour la commande de nos plans inclinés, chemins de fer aériens, treuils. Nous avions, à cet effet, prévu des commandes mécaniques, mais le personnel qui devait en assurer la manœuvre n'ayant point donné satisfaction, nous avons dû le rapatrier dès le début de l'entreprise. En outre, la consommation d'eau et de charbon était un obstacle grave, en raison des transports complémentaires que nous aurions eus à faire. Le peu de personnel mécanicien dont nous disposions était à Moka et constamment occupé aux réparations du matériel naviguant : chaloupe à vapeur, chalands, embarcations, qui ont nécessité un entretien considérable, bien au delà de nos prévisions, à ce point que nous avons dû abandonner l'usage de certaines machines, telles que machine à glace, faute de personnel et de temps pour les réparer.

Nous avions même prévu des commandes électriques pour installer notre machinerie, aussi près que possible des débarcadères et éviter le transport d'eau et de charbon, mais nous n'avions plus d'électriciens, et dans ce climat chaud et humide, les installations électriques nécessitent des réparations constantes. Les téléphones, que nous avions au début pour nos chemins de fer aériens, ont dû être abandonnés en raison des ennuis qu'ils nous occasionnaient. D'ailleurs, à Camaran et à Périm, les installations téléphoniques nécessitent continuellement des réparations.

En second lieu, on se demandera, peut-être, quelles sont les plus grandes difficultés que nous ayions rencontrées en dehors des difficultés de débarquement et de transport sur les îles dont nous avons parlé plus haut. Nous n'hésitons pas à dire qu'elles nous ont été occasionnées par les ennuis de personnel.

Les Européens se dégoûtaient rapidement et beaucoup nous ont mis dans la nécessité de les rapatrier. Quant aux ouvriers indigènes, à part quelques ouvriers de métier, intelligents et habiles que nous avons gardés jusqu'à la fin des travaux, nous étions obligés d'en changer constamment, désireux qu'ils étaient

de retourner à terre et de voir leurs familles. Le navire était toujours encombré de 100 ou 150 coolies que l'on amenait pour en remplacer d'autres, ou bien que l'on rapatriait. En outre, les sambouks qui réunissaient Zébayer et Djebel-Their à Camaran, nous amenaient des coolies à chaque voyage et en ramenaient dans ce port. C'était un souci et une préoccupation constants que de nous procurer de la main-d'œuvre. Aussi, devons-nous rendre hommage à l'intelligence, au dévouement et au courage de ceux qui ont été nos fidèles et loyaux collaborateurs jusqu'à la fin du travail.

En dehors du capitaine James MAGER, du *Sheikh Berkhud*, dont nous avons déjà parlé, nous sommes heureux de féliciter M. DAVID, qui nous a aidés dans la direction des travaux ; notre jeune secrétaire, M. FISCHER, le Docteur PARAVICINI, chef de notre service sanitaire, les deux chefs du service des vivres, MM. BOURRIAU et JUDEAUX, tous Français, et le chef du chantier de Moka, M. GIOVANNI CAFIERO, Italien. Ce dernier est resté d'ailleurs comme Chef du service du gardiennage des phares, pour le compte de l'Administration des Phares de l'Empire Ottoman. Huit ouvriers seulement sont restés du début jusqu'à la fin des travaux.

La troisième observation sera relative à l'état sanitaire et au service médical sur les chantiers.

Au début, et jusqu'au mois de juin, nous n'avons eu qu'un seul docteur, notre compatriote, le docteur PARAVICINI, mais à cette époque, nous étant décidés, contrairement à ce que pensait la Commission, à continuer le travail pendant tout l'été, nous avons fait venir trois docteurs d'Égypte, de façon à avoir un docteur sur chaque chantier.

Nous sommes heureux également de signaler l'intelligent dévouement du docteur MARTAKIS, sur notre chantier de Djebel-Their.

Cette décision d'avoir un docteur sur chaque chantier, était devenue nécessaire par suite de l'épidémie de choléra qui sévissait à cette époque sur les côtes d'Arabie où nous prenions de nombreux coolies.

La surveillance apportée par les docteurs fut couronnée d'un plein succès et nous eûmes toujours sur les quatre chantiers et à bord, un état sanitaire remarquable. Cet excellent état sanitaire était dû, en outre, à ce que notre personnel, tant européen qu'indigène, ne consommait que de l'eau distillée.

Pendant toute la période des travaux, nous avons eu à déplorer la mort de trois Français et de deux indigènes.

Parmi les Français, un cas était dû à une maladie qui n'avait rien à faire avec le climat, un autre probablement à un coup de soleil et un troisième à un accident : un homme parti seul à la pêche qui disparut.

Quant aux deux indigènes, l'un d'eux se noya à la suite d'une congestion et l'autre mourut d'une congestion pulmonaire.

Nous n'avons eu qu'un seul accident de travail à déplorer : un indigène qui a été pris dans une roue d'un chemin de fer aérien, mais qui s'est en somme très bien remis.

CHRONIQUE

N° 280.

Sommaire. — Locomotives à vapeur surchauffée *(suite)*. — Anciennes machines compound pour bateaux *(suite et fin)*. — Emploi de la thermite pour les réparations des pièces de machines. — Le port d'Anvers à la fin de 1902. — Le pédographe. — Emploi du combustible liquide sur les locomotives.

Locomotives à vapeur surchauffée *(suite)*. — Dans un mémoire publié dans le Z. V. D. I. 1903, pages 132 et suivantes et intitulé : « Pour et contre la locomotive à vapeur surchauffée », M. Teuscher compare le rendement de la chaudière de la locomotive exposée avec le rendement de la chaudière normale en partant des chiffres de M. Lochner.

Le rendement de la chaudière normale est, comme on l'a vu plus haut de 75,6 0/0. Pour la chaudière Schmidt, on admettra que les gaz pris directement au foyer arrivent dans le surchauffeur à 1 000 degrés; si le gros tube prend 20 0/0 des gaz produits dans le foyer, son rendement sera de $20 \frac{1\,290 - 1\,000}{1\,290} = 4{,}5$ 0/0. Les 80 0/0 de gaz qui passent dans les tubes ont un rendement de $80 \frac{1\,290 - 315}{1\,290} = 60{,}5$ 0/0.

Le rendement total de la chaudière est donc de $4{,}5 + 60{,}5 = 65$ 0/0 au lieu de 75,6, d'où perte de 14,1 0/0. L'avantage théorique trouvé par M. Bruckmann pour l'utilisation de la vapeur surchauffée étant de 14,6 0/0, on voit que l'avantage définitif ressort pour la locomotive à vapeur surchauffée au chiffre insignifiant de 0,5 0/0.

Nous laisserons pour le moment le travail de M. Teuscher, qui critique, au point de vue pratique, la disposition générale de l'appareil de surchauffe, pour revenir à la note de M. Bruckmann, qui étudie de près la question des avantages économiques présentés par la locomotive à surchauffe, en partant toujours des chiffres de M. Lochner.

La chaudière normale, brûlant 487 *kg* par mètre carré de grille et par heure, soit 1 107 *kg* en tout, produit 8 000 *kg* de vapeur sèche additionnée de 600 *kg* d'eau en suspension, à la pression de 12 *atm*; la machine compound développe, à la vitesse de 90 *km* à l'heure, 832,4 *ch*.

La consommation de vapeur humide ressort à 10,33 *kg* par cheval-heure; celle de combustible à 1,33 *kg* et le nombre total de calories contenues dans la vapeur humide étant de 5 431 160, la dépense de chaleur par cheval-heure est de 6 524 calories.

La chaudière à surchauffe, brûlant la même quantité de combustible, donnera, au même taux de vaporisation par mètre carré que la première,

soit 67,2 *kg* par heure et par mètre carré, $67{,}2 \times 108{,}5 = 7\,290$ *kg* de vapeur, plus 4 0/0 ou 290 *kg* d'eau mélangée (1), le tout formant, après la surchauffe, 7 580 *kg* de vapeur à 12 *atm* de pression et 320 degrés de température. M. Bruckmann calcule en passant que les 582 400 calories qui restent après la vaporisation sur la quantité de chaleur dépensée pour la même vaporisation dans la chaudière normale, exigeront, dans les conditions généralement admises de transmission du calorique, une surface de surchauffeur égale à 28,7 m^2 chiffre identique à celui de 28,4 adopté pour le surchauffeur de la machine exposée.

D'après Lochner, une locomotive à simple expansion du type normal avec cylindres de 0,43 *m* de diamètre a dépensé 12,6 *kg* de vapeur humide par cheval-heure. L'agrandissement des cylindres à 0,46 *m* a réduit la consommation de 4,8 0/0 et enfin, si le diamètre des cylindres est porté à 0,500 *m*, la consommation par cheval-heure est réduite de 9 0/0 et tombe par conséquent à 11,46 *kg*. Nous adopterons ce dernier chiffre.

Quel sera l'effet de la surchauffe? Si on prend la moyenne des résultats obtenus avec des machines fixes, on peut admettre qu'on obtient 1 0/0 d'économie de vapeur pour les degrés suivants de surchauffe pour les trois types désignés de machines :

Machines à triple expansion.	10 degrés
— double expansion.	8 —
— simple expansion.	6 à 7 —

Prenons 6,5 degrés; la dépense de vapeur, par cheval-heure deviendra :

$$11{,}46\left(1 - \frac{320 - 190{,}6}{6{,}5} \times \frac{1}{100}\right) = 9{,}17 \text{ kg.}$$

La puissance réalisée sera $\frac{7\,580}{9{,}17} = 826$ *ch.*

La consommation de combustible par cheval-heure sera de $\frac{1\,107}{826}$ $= 1{,}33$ *kg* et celle de vapeur de 9,17 comme on l'a indiqué.

M. Bruckmann pousse la comparaison plus loin et se demande très naturellement quelle serait la conséquence de l'emploi dans une machine à double expansion de la vapeur sortant de la chaudière à surchauffe. Si on admet, d'après les chiffres donnés plus haut, qu'on aura 1 0/0 de réduction de dépense par 8 degrés de surchauffe, on trouve pour la consommation en vapeur surchauffée de la locomotive compound normale :

$$10{,}3\left(1 - \frac{320 - 190{,}6}{8} \times \frac{1}{100}\right) = 8{,}63 \text{ kg.}$$

Le travail obtenu sera de $\frac{7\,580}{8{,}63} = 878$ *ch.*

(1) M. Bruckmann compte ici 4 0/0 d'eau entraînée, alors qu'il compte 7 0/0 pour la chaudière normale. Nous supposons qu'il base cette différence sur ce que la chaudière à surchauffe émet moins de vapeur par la même surface de niveau d'eau.

Le petit tableau suivant résume les conditions de fonctionnement des trois machines.

	SIMPLE EXPANSION SURCHAUFFE	COMPOUND	
		VAPEUR HUMIDE	SURCHAUFFE
Travail total. . . . . *ch.*	826	832,4	878
Combustible par cheval. . . *kg.*	1,33	1,33	1,27
Eau par cheval.	9,17	10,33	8,63
Vapeur par kilogr. de combustible.	6,9	7,7	6,9
Calories par cheval.	6 520	6 524	6 190

Les chiffres qu'on vient de voir montrent que, si la surchauffe donne, par rapport à la machine compound consommant de la vapeur humide, une économie d'eau de 12,5 0/0, elle ne fait réaliser aucune économie de combustible.

Nous nous empressons de reconnaître que ces résultats sont obtenus simplement par le calcul appuyé, il est vrai, sur des données expérimentales, et n'ont point la valeur de résultats obtenus d'expériences directes sur des locomotives. C'est donc le moment de faire connaître les chiffres donnés par des essais comparatifs sur des locomotive en service.

Nous trouvons les premiers résultats obtenus dans cet ordre d'idées, dans un mémoire de M. de Borries, publié dans l'*Organ* de 1901, pages 208 et suivantes. Les essais qui en font l'objet ont été exécutés sur les lignes de la Direction de Hanovre des Chemins de fer de l'État prussien, sur trois locomotives à grande vitesse.

La première, compound à quatre cylindres, était du type exposé à Paris, en 1900, par la Fabrique Hanovrienne de machines ; la seconde était une locomotive à vapeur surchauffée du type dont nous avons parlé plus haut, à cylindres de 480 de diamètre, et la troisième une compound à deux cylindres du type normal des chemins de fer de l'État prussien.

Les caractéristiques essentielles de ces types de machines sont les suivantes :

NUMÉROS	SYSTÈMES	POIDS EN SERVICE	SURFACE DE GRILLE	SURFACE DE CHAUFFE	PRESSION à la chaudière
		kg	m^2	m^2	*atm*
11	Compound à 4 cylindres.	53 000	2,3	118	14
86	Simple expansion et surchauffe.	52 300	2,3	106 + 28	12
38	Compound à 2 cylindres.	47 600	2,3	125	12

Les essais ont eu lieu, en service régulier, de Hanovre à Stendal, distance 110 *km*, et retour, avec des trains de voyageurs dans des conditions aussi identiques que possible. M. de Borries donne les résultats compa-

ratifs obtenus, sous forme de tableaux très développés ; nous n'en extrayons que les chiffres les plus intéressants et nous les donnons sous une forme plus commode pour la comparaison dans le tableau ci-après, où les numéros des machines sont les mêmes que dans le précédent.

Les chiffres donnés dans chaque colonne représentent la moyenne d'une dizaine de parcours effectués par chacune des trois machines.

NUMÉROS DES MACHINES	11	86	38
Poids de la machine et du tender *t*	87	84	76
Poids du train	278	267	253
Effort de traction moyen	2 653	2 484	2 304
Vitesse moyenne par heure . . .	89,4	88,6	87,3
Travail en chevaux à la jante . .	878,9	808,9	754,5
Combustible brûlé par cheval . .	1,34	1,48	1,49
Eau dépensée par cheval	7,74	9,53	11,60
Eau par kilogramme de combustible	7,27	6,44	7,78
Poids de la machine seule par cheval.	60,3	64,6	63

Si on relève sur le tableau les consommations des trois locomotives, on constate que, pour ce qui est du combustible, la machine à vapeur surchauffée a brûlé, en moyenne, à très peu près, autant que la compound à deux cylindres et environ 10 0/0 de plus que la compound à quatre cylindres ; quant à l'eau, la première a dépensé 22 0/0 de moins que la compound à deux cylindres et environ 2 0/0 de moins que la compound à quatre cylindres.

Il est vrai que la consommation d'eau de la locomotive compound à deux cylindres peut paraître excessive ; elle dépasse, en effet, de 19 0/0 environ celle de la compound à quatre cylindres.

Il semble bien difficile d'admettre que cette énorme différence tienne seulement à la pression plus élevée (14 au lieu de 12 *atm*), dans la seconde, ou à quelques dissimilitudes dans les dispositions mécaniques. M. de Borries fait observer, il est vrai, que, dans quelques-uns des essais, la puissance de cette machine a atteint 820 *ch*, c'est-à-dire sensiblement la même que celle de la locomotive à surchauffe.

Il faut donc croire que quelques essais très défavorables, pour une raison ou pour une autre, ont abaissé la moyenne de cette machine.

L'auteur, auquel nous nous référons, indique, au sujet de la locomotive à surchauffe, qu'il n'a pas toujours été possible de maintenir constante la température de la vapeur, qui a varié entre 250 et 350°. Il faut au moins 280° pour avoir de bons résultats. La dépense de graissage des pistons et tiroirs est plus élevée que la moyenne de dépense de vingt-sept locomotives ordinaires faisant le même service ; elle serait, en effet, de 8,46 *kg* par 1 000 *km* contre 5,86 (1). Aux vitesses réduites, la forte

(1) Dans d'autres cas, comme nous le verrons plus loin, la dépense de graissage a été sensiblement la même que pour les machines ordinaires.

pression initiale sur les pistons donne lieu à des chocs. En revanche, la machine fonctionne remarquablement bien aux vitesses élevées, qui ont atteint 111 *km* à l'heure, ce qu'on peut attribuer, dans une certaine mesure, à la moindre résistance de la vapeur dans les passages due à la surchauffe et surtout, croyons-nous, à l'emploi des tiroirs cylindriques dont cette machine est munie. *(A suivre.)*

Anciennes machines compound pour bateaux *(suite et fin)*. — Nous croyons intéressant d'ajouter, à ce qui précède, le passage suivant d'un article intitulé « Le fleuve Volga considéré comme la plus grande voie de communication intérieure de la Russie » de M. C.-H. Moberly, paru dans le numéro du 19 novembre 1897, de l'*Engineering* :

« Les premiers remorqueurs du Volga furent le *Volga*, construit en 1846, et le *Samson* et l'*Hercule* en 1849, faits tous trois à Fyenoord, par Rœntgen; ces bateaux, envoyés démontés, furent remontés en Russie. Le *Volga* avait 215 pieds de longueur sur 30 1/2 de largeur et 4,16 de tirant d'eau ; les machines, de 320 *ch* de puissance nominale, avaient un cylindre à haute pression de 25 pouces et un à basse pression de 50, avec 7 pieds de course de piston ; pression primitive 90 livres (6,4 *kg*).

Ces machines devaient être très économiques, mais les cylindres n'avaient pas d'enveloppe et le *receiver*, très long, avait trop de capacité et n'était pas enveloppé, de sorte qu'il y avait une forte perte de vapeur par condensation.

Le *Volga* pouvait remorquer 4 800 *t*, et le faisait quand les conditions de la navigation étaient favorables. Ce fut longtemps le remorqueur le plus économique et le meilleur du Volga, et il fait encore un bon service. C'est un exemple remarquable de la longévité des bateaux du Volga, dû très probablement à la pureté de l'eau et à la sécheresse relative de l'air en été et en hiver.

Le *Samson* et l'*Hercule* sont semblables au *Volga*, mais plus forts, 230 pieds de longueur, 32 de largeur et 4,10 de tirant d'eau ; leurs machines, de 460 *ch*, nominaux, ont un cylindre à basse pression de 5 pieds et un à haute pression de 2 1/2, avec 7 pieds de course de piston. Ces bateaux étaient trop forts et, sans faire plus de travail que le *Volga*, dépensaient beaucoup plus. Ils sont restés les plus grands du fleuve. »

Il est infiniment probable que les machines des remorqueurs dont nous venons de parler sont, au cas où ils seraient encore en service, ce qui est très admissible, puisque la note de M. Moberly date de 1897, sont, disons-nous, les plus anciennes machines compound qui existent, ayant un demi-siècle de marche non interrompue. Il n'est pas moins intéressant de faire remarquer qu'elles ont été construites quinze ans avant la date admise en France par les documents officiels pour l'apparition de la machine compound (1).

(1) Dans son *Histoire documentaire de la Mécanique française*, dont nous avons fait ici l'éloge mérité, M. Émile Eude, en parlant des antériorités relevées par nous (Rœntgen), dit qu'elles « sont plus intéressantes au point de vue historique qu'au point de vue pratique ». C'est un peu pour répondre à cette appréciation que nous avons cru devoir nous étendre sur les résultats donnés par les bateaux du Volga, dont la longue carrière a largement prouvé la valeur pratique de l'œuvre de Rœntgen.

Pendant que nous sommes encore sur le chapitre des machines de Rœntgen, il nous paraît curieux d'indiquer que l'illustre auteur des rayons X est de la même famille que l'inventeur de la machine compound. Ce fait résulte d'une lettre adressée de Munich, à la date du 16 février 1901, par le docteur W.-C. Rœntgen à notre collègue M. Kraft, lettre que le savant physicien hollandais (1) nous a, avec la plus grande bienveillance, autorisé à reproduire : voici la traduction de cette lettre écrite en allemand :

« En ce qui concerne votre demande si je suis parent de feu le constructeur de machines Rœntgen, je puis vous dire que c'est le cas.

» Je me souviens très bien que, chez mes parents qui ont résidé longtemps à Apeldoorn, en Hollande, il en était souvent question et que, dans ma jeunesse, j'ai visité Fyenoord avec mon père, pour y rechercher des souvenirs, peut-être encore existants, de Gérard-Maurice Rœntgen.

» Il y a d'ailleurs une circonstance de nature à confirmer la parenté, c'est que tous les membres de ma famille, que j'ai connus personnellement, avaient un goût très prononcé, et parfois même une aptitude très remarquable pour la construction mécanique.

» Moi-même, j'ai eu et j'ai encore beaucoup de goût pour ces questions, et j'ai fait quatre années d'études d'ingénieur-mécanicien au Polytechnicum de Zurich.

» Quant au degré de parenté, je ne puis vous le préciser en ce moment, il faudrait faire des recherches à cet effet. En tout cas la parenté ne serait pas très proche, on parlait seulement du cousin Rœntgen. »

C'est ici le cas, croyons-nous, de signaler une tentative très honorable, bien que non suivie de succès, faite en France dans le même ordre d'idées et presque à la même époque, et dont il ne restait aucune trace sérieuse.

Nous voulons parler des transformations successives du vapeur le *Maréchal de Villars*, du port de Dunkerque, au sujet duquel on ne peut retrouver, comme document publié, que trois ou quatre lignes constituant une simple mention, dans un rapport de Le Chatelier à la Société d'Encouragement, année 1848. Nous devons de pouvoir donner d'intéressants détails, absolument inédits, au moins à notre connaissance, sur ce bateau, à l'obligeance de notre vénérable Collègue, M. Frédéric Morel, de Dunkerque, un des doyens de notre Société, qui a bien voulu nous communiquer les procès-verbaux de visite de la Commission de surveillance des bateaux à vapeur relatifs au *Maréchal de Villars*.

Ce bateau, en bois et à roues, avait été construit en 1839, par les chantiers Malo, à Dunkerque, et était affecté à un service de voyageurs et de marchandises entre ce port et Le Havre. Les dimensions de la coque étaient : longueur entre l'étrave et l'étambot 40,23 *m*, largeur 6,26 *m*, largeur hors tambours 11,80 *m* ; tirant d'eau à vide 2,60 *m*, en charge complète 3,40 *m*, jauge de douane après déduction des deux cinquièmes pour l'appareil moteur, 131 *t*.

L'appareil moteur se composait de deux cylindres à haute pression et

(1) Sur l'*Annuaire de l'Association amicale des Anciens Élèves de l'École Polytechnique de Zurich*, le Docteur Rœntgen est indiqué comme originaire d'Apeldoorn, Hollande.

détente variable, sans condensation, inclinés vis-à-vis l'un de l'autre avec manivelle unique. La machine, de 100 *ch* de force nominale, avait été construite par Reymond, à Paris (1). Les roues avaient 5,37 *m* de diamètre extérieur, les aubes fixes 2,22 *m* de longueur sur 0,68 *m* de hauteur.

La vapeur était fournie à la pression de 5 *atm* par quatre chaudières, avec deux bouilleurs inférieurs chacune, placées dans des massifs de maçonnerie, suivant l'usage courant, à cette époque, sur les bateaux à haute pression de la Seine. Les chaudières avaient 0,83 *m* de diamètre et 7,50 *m* de longueur, les bouilleurs 0,50 *m* et 8 *m*. La surface de chauffe totale comptée à un tiers de celle de la chaudière et deux tiers de celle des bouilleurs était de 92,40 m^2. Chaque chaudière portait deux soupapes de sûreté chargées par leviers, et un flotteur; il n'y avait pas de tubes de niveau en verre, mais seulement des robinets de jauge. Il y avait un manomètre à air comprimé sur le tuyau de vapeur et les chaudières ne pouvaient pas être isolées les unes des autres. Cette machine donnait au bateau une vitesse de 13 *km* à l'heure, soit 9 nœuds; la consommation de combustible est évaluée à 360 *kg* à l'heure. Ces renseignements sont extraits d'un procès-verbal en date du 11 février 1847, le bateau avait donc huit ans de service à cette époque. Il est indiqué que la coque avait besoin d'une refonte complète et l'appareil moteur de réparations.

En 1848, à l'occasion de cette refonte, la maison Le Gavrian et Farinaux, de Lille, qui construisait des machines fixes à détente multiple, lesquelles eurent un assez grand succès et lui valurent, comme on sait, en partage avec la maison Farcot, un grand prix de la Société d'Encouragement, transforma la machine du *Maréchal de Villars* en machine compound. Un procès-verbal, en date du 12 août 1849, dit que la vapeur à 5 *atm* est employée dans une machine à cylindres fixes, inclinés vis-à-vis, fonctionnant l'un à haute, l'autre à moyenne (2) pression et à condensation dans le système de Woolf. Les cylindres étaient pourvus de chemises de vapeur. Cette machine ne différait des appareils fixes des mêmes constructeurs que parce que le calage des manivelles correspondait à un angle de 90 degrés, au lieu de 45 degrés, calage des machines fixes.

La vapeur était fournie à cette machine à la pression de 5 *kg* par une chaudière système Fontaine, à bouilleurs et foyer en maçonnerie. Le corps de la chaudière avait 1,20 *m*, de diamètre et 3,80 *m* de longueur;

(1) Dans les rapports officiels sur l'Exposition de 1839, il est dit que le jury avait vu, dans les ateliers de M. Raymond, constructeur rue du Faubourg-du-Temple, 116 et 118, une machine de bateau à deux cylindres inclinés, à haute pression et sans condensation, de 90 *ch*, qui est vraisemblablement celle dont nous nous occupons ici.

(2) Il eût été exact de dire basse et même très basse pression, car, dans les machines de Le Gavrian et Farinaux, le travail se divisait fort inégalement entre les deux cylindres. Les chiffres donnés par Le Chatelier, dans son rapport à la Société d'Encouragement indiquent un rapport de 2, 4 à 2, 8, entre le travail du petit cylindre et celui du grand. Le Chatelier attribue cet effet à une condensation de la vapeur dans le grand cylindre qui, dit-il, devient en quelque sorte une machine à faire le vide; cet effet tenait surtout à une distribution défectueuse de la vapeur au grand cylindre où elle était admise jusqu'à la fin de la course, comme dans les machines de Woolf. Le même défaut existait dans les premiers appareils de Rœntgen, comme nous avons eu l'occasion de le faire remarquer.

ce corps était placé en travers du bateau ; du bas, et perpendiculairement à son axe, partaient six bouilleurs de 0,50 *m* de diamètre et 3,50 *m* de longueur, et au-dessous se trouvaient six autres bouilleurs de même diamètre et de 5 *m* de longueur, raccordés chacun au corps de chaudière par une courte tubulure verticale. La surface de chauffe, comptée sur les bouilleurs seuls, était de 79,30 m^2. Un dessin des générateurs Fontaine, employés pour machines fixes, mais identiques en principe à celui-ci, est donné dans le Bulletin de la Société d'encouragement, 1848, planche 1072. Nous ajouterons qu'au milieu du corps cylindrique était disposée une cloison transversale en fonte divisant ce corps en deux parties dont chacune communiquait avec la moitié des bouilleurs. Il est indiqué, dans un des procès-verbaux de visite, qu'on parait à la trop grande saturation de l'eau dans la chaudière et, par suite, à la formation de dépôts salins, en faisant, toutes les demi-heures, une extraction de 1 *cm* de hauteur de niveau d'eau, au moyen de robinets de vidange placés au bas des bouilleurs. Comme nous le verrons plus loin, ce procédé ne pouvait donner que des résultats négatifs.

Le procès-verbal de visite, daté du Havre, 18 avril 1849, qui donne ces diverses indications, ajoute qu'au dernier voyage fait par le navire, le mécanisme du grand cylindre s'étant trouvé avarié, et la machine ne pouvant fonctionner avec l'autre cylindre seul, le *Maréchal-de-Villars* a dû gagner le port du Havre, dont il était heureusement peu éloigné, avec sa voilure. Est-ce cette considération, basée sur une disposition de détail de la machine, ou d'autres raisons, qui firent renoncer à l'usage de la double expansion ainsi appliquée ? Toujours est-il que, dans un autre procès-verbal de visite, daté du 25 octobre 1852, nous trouvons l'appareil moteur décrit comme composé de deux cylindres à haute pression et à condensation, chaque cylindre ayant son condenseur et chaque machine pouvant, en cas de besoin, fonctionner isolément. Cette modification est dite avoir été opérée par la maison Mazeline, du Havre, en 1850 et 1852. La chaudière était restée la même. Les dimensions des cylindres, qu'on ne trouve pas relatées dans les procès-verbaux précédents, sont dites, dans celui-ci, être de 0,60 *m* pour le diamètre et de 1,14 *m* pour la course des pistons ; le nombre de tours est de dix-huit par minute.

Un autre procès-verbal, daté du 9 mai 1853, parle de deux chaudières neuves, système Fontaine, ayant ensemble 118,80 m^2 de surface de chauffe. La machine est la même qu'au précédent procès-verbal ; la consommation de combustible est dite être de 400 *kg* à l'heure.

Le dernier procès-verbal dont nous ayons connaissance est du 4 février 1857 ; il y est dit que le *Maréchal-de-Villars* a toujours ses chaudières de 1853 qui peuvent encore faire un assez long service. On y trouve une indication intéressante ; à la rubrique « moyens pour prévenir les dépôts dans les chaudières », il est indiqué que le mécanicien dit qu'on n'emploie ni extraction ni aucun autre moyen de prévenir les dépôts ; c'est l'inconvénient de la haute pression et on ne pourrait marcher plus de quinze à vingt heures de suite ; on se borne, à l'arrivée après chaque voyage, à nettoyer avec soin la chaudière et les bouilleurs. On s'était probablement aperçu que le sulfate de chaux contenu dans l'eau

de mer devenant insoluble à la température de 140°, inférieure à celle qui correspond à la pression de 5 *atm* à laquelle fonctionnaient les générateurs du bateau dont nous nous occupons, l'emploi des extractions faites précédemment ne pouvait qu'augmenter le mal en accroissant la quantité d'eau qui se dépouillait d'une partie de ses sels par simple échauffement. Il était donc préférable de ne rien faire en route et de se borner à un nettoyage complet à l'arrivée. Avec ce mode de conduite et à la condition de ne faire que des parcours de faible durée, ces chaudières paraissent avoir donné de très bons résultats. A cette époque, la plupart des remorqueurs du Havre et de la Basse-Seine avaient des machines à haute pression sans condensation alimentées par des chaudières à bouilleurs qui fonctionnaient très bien dans les conditions indiquées ci-dessus.

Voilà, au moins à notre connaissance, tout ce qu'on peut savoir sur l'essai fait sur le *Marechal-de-Villars*, essai qui ne doit pas être oublié dans l'histoire de la machine compound et de ses applications à la navigation. Les successeurs de la maison Le Gavrian n'ont pu nous fournir aucun renseignement à ce sujet, c'est donc à M. Morel que nous devons tout ce que nous avons pu dire ici, et nous sommes heureux de pouvoir lui en témoigner publiquement notre reconnaissance.

Nous avons eu occasion de citer déjà (Chronique de juin 1880) un autre essai du même genre, mais antérieur, également à porter à l'actif de l'initiative des constructeurs français. Nous croyons devoir le rappeler ici avec quelques détails de plus. En 1836, on avait construit, à Bordeaux, pour la navigation du canal du Midi, un bateau à fuseaux actionné par une machine à haute pression sans condensation composée de deux cylindres oscillants horizontaux de 0,274 *m* de diamètre et 1 *m* de course fonctionnant à 5 *kg* de pression effective. Cette machine s'étant trouvée insuffisante, son constructeur, Fol aîné, de Bordeaux, la modifia par l'addition d'un troisième cylindre, également oscillant, de 0,540 *m* de diamètre et 0,864 *m* de course, recevant la vapeur d'un réservoir dans lequel évacuaient les deux autres cylindres et la déchargeant lui-même au condenseur. Le rapport des volumes avait la faible valeur de 1,7. La vapeur était fournie par une chaudière tubulaire à tubes en cuivre, système alors très employé sur la Garonne et qui donna lieu à des difficultés signalées dans un rapport de l'ingénieur en chef Manès inséré aux *Annales des Mines* en 1846. Il paraît que cette machine ne fonctionnait pas mal, puisque, le bateau à fuseaux n'ayant pas réussi, elle fut transportée, en 1838, sur un autre bateau, le *Corsaire-Noir*, faisant le service entre Bordeaux et Tonneins, lequel avait encore cette machine en 1842, date de la publication de l'ouvrage où nous avons trouvé ces détails : *Recueil de décrets, ordonnances, etc., sur les bateaux à vapeur, par A. Tremtsuk.* Il est intéressant de faire remarquer que c'est précisément sous cette forme à trois cylindres, mais avec inversion du rôle des cylindres, que Dupuy de Lôme introduisit la double expansion dans la marine militaire française vingt-cinq ans plus tard.

Emploi de la thermite pour les réparations des pièces de machines. — Dans son intéressante communication sur les applica-

tions de l'aluminothermie (Bulletin d'août 1902, pages 234 et suivantes, notre collègue, M. H. Bertin, a donné quelques indications sur l'emploi de la thermite pour la réparation des pièces de machines. Nous croyons intéressant de citer quelques exemples de cet emploi, d'après le *Railway Machinery*.

Le steamer *Assyria*, de la ligne Hambourgeoise-Américaine arriva le 27 novembre 1902 à Hambourg, avec le secteur de commande du gouvernail fendu sur les quatre cinquièmes de sa largeur. La nouvelle de l'avarie avait été télégraphiée avant l'arrivée et on avait préparé un moule d'après les dessins de la pièce. Pendant la nuit, on burina sur la fissure de manière à faire une rigole de 20 *mm* de largeur pénétrant jusqu'à la face opposée pour permettre au métal d'effectuer la soudure parfaite. La section de la partie à réparer était de 122×210 *mm*. Le matin, on chauffa la pièce au moyen de deux becs Bunsen à gaz, à une température modérée et on mit en place le moule préparé d'avance et convenablement séché. On luta les joints avec de l'argile en ayant soin de supporter convenablement le secteur pour l'empêcher de fléchir et de se déformer, étant fortement chauffé par le thermit, mais on ne le détacha pas de la tige du gouvernail et on ne démonta aucune pièce de la transmission.

A midi, tout étant prêt, on fondit la thermite dans un creuset conique et on le coula; à 1 heure et demie on démonta le moule et on constata que l'opération avait parfaitement réussi. A 2 heures, le navire était prêt à partir. On avait employé 90 *kg* de thermite.

Voici un autre exemple de réparation. L'arbre à manivelles d'un grand bateau à roues du Rhin, appartenant à la maison Schurmann fils, de Ruhrort, était fendu tout contre le coude central actionnant la pompe à air. A cet endroit, l'arbre avait 375 *mm* de diamètre et la fente s'étendait sur près de la moitié. On burina pendant la nuit une rigole de 30 *mm* environ de largeur pour faire pénétrer la thermite entre les deux faces séparées par la fissure. Pendant ce temps, on avait préparé un moule d'après un croquis fait à main levée. Dès le matin, on coula tout autour de l'arbre un bourrelet de thermite de 50 sur 100 *mm* qui réunit d'une manière parfaite les deux parties. L'opération de la coulée avait duré juste une minute. Le navire prit son service le jour même et on n'a jamais éprouvé d'échauffements ni d'accidents quelconques. On avait employé 130 *kg* de thermite.

Le journal auquel nous empruntons ces détails cite une réparation faite aux États-Unis, par M. Schutlz, sur le cylindre à basse pression d'une forte machine d'élévation d'eau. Ce cylindre avait 1,169 *m* d'alésage et une course de 1,016 *m*; il pesait environ 5 *t*. On avait constaté l'existence de trois soufflures allant de l'intérieur du cylindre à celui d'une des lumières, lorsque l'opération de l'alésage avait été commencée. Deux de ces soufflures étaient à peu près circulaires avec un diamètre de près de 10 *cm*, et la troisième formant un coude presque à angle droit avait 35 *mm* de largeur et 175 *mm* de longueur. On boucha successivement les trois trous avec de la thermite, et l'examen ultérieur fit voir que le cylindre ne laissait rien à désirer comme solidité et étanchéité. Il est à remarquer que l'action de la thermite est si rapide que les effets d'une

dilatation inégale n'ont pas le temps de se produire et qu'on n'est pas exposé à voir les pièces se fendre sous cette action.

Le cylindre avait été préparé par un nettoyage parfait des surfaces des soufflures pour enlever toute trace d'oxyde, poussière ou graisse, et on avait chauffé les parties localement par l'application de pièces de fer chauffées au rouge, pesant une vingtaine de kilogrammes chacune, qu'on laissait assez longtemps pour porter les surfaces en contact à une température de 200 degrés environ. On avait placé sur le trou à remplir un bout de tube en fonte garni d'argile, pour permettre de couler la thermite dans le trou. Une fois le métal refroidi, on enleva cet appendice; il ne resta plus qu'à enlever au burin quelques bavures dépassant la surface de la partie alésée.

Le port d'Anvers à la fin de 1902. — Voici quelques renseignements relatifs au port d'Anvers, empruntés au discours de l'échevin du commerce de cette ville prononcé en séance du Conseil communal du 29 décembre dernier, renseignements donnés par les *Annales des Travaux publics de Belgique*.

Les établissements maritimes présentent en ce moment la superficie ci-après :

Bassins maritimes du Nord et dépendances 168 *ha* 22 *a* 50 *c*; Bassin de batelage Nord du Looibroeck, 3 *ha* 32 *a* 75 *c*; Bassin de batelage Sud, 10 *ha* 34 *a* 95 *c* ensemble 15 *ha* 67 *a* 70 *c*. Quais de l'Escaut (anciens) 35 *ha*; total général 218 *ha* 90 *a* 20 *c*.

Il faudra y ajouter les nouveaux quais du Sud et les installations pour les pétroles en exécution, soit une surface de 85 *ha* 15 *a* 20 *c*, lorsque ces derniers travaux seront complètement achevés.

La superficie d'eau s'établit comme suit : Bassins maritimes du Nord, 73 *ha* 86 *a* 25 *c*; Bassins de batelage Nord du Looibroeck, 1 *ha* 84 *a*; Bassins de batelage Sud, 4 *ha* 27 *a* 70 *c*; ensemble 6 *ha* 11 *a* 70 *c*, total général 79 *ha* 97 *a* 95 *c*.

La longueur des quais est de : Bassins maritimes du Nord 10 500 *m*; Bassin de batelage Nord du Looibroeck, 940 *m*; Bassin de batelage Sud, 1 800 *m*; ensemble 2 740 *m*; — Quais de l'Escaut (anciens) 3 500 *m*; total général : 16 830 *m*.

800 *m* des nouveaux quais du Sud sont déjà utilisés et les 1 200 *m* restants sont construits, soit 2 000 *m*; appontement pour pétroles au Sud en voie d'achèvement 300 *m*; en tout 19 130 *m*.

La ville possède aux bassins des hangars et des magasins fermés couvrant une superficie de 163 000 m^2, non compris l'Entrepôt; les quais de l'Escaut sont couverts de hangars sur 110 000 m^2, total général 273 000 m^2.

L'outillage actuel se compose de :

Engins fixes. — 1 bigue hydraulique au quai n° 20 de 120 *t*; 1 grue hydraulique au quai n° 20 de 10 *t*; 1 grue hydraulique au même quai de 20 *t*; 1 grue hydraulique au quai n° 62 de 10 *t*; 1 coal-hoist hydraulique pouvant lever et déverser des wagons de 15 000 *kg* de charge au quai n° 35 de 25 *t*; 1 grue hydraulique au grand ponton du canal au

sucre de 1 tonne; 1 grue hydraulique sous le hangar 13 B des quais de l'Escaut de 1 *t*; 1 grue à bras au quai n° 1, de 25 *t*; 1 grue à bras au quai Lodoganck de 15 *t*.

Grues hydrauliques mobiles. — Aux Bassins du Nord, 94 grues, dont 71 de 2 *t* et 23 de 1,5 *t*.

Aux quais de l'Escaut, 108 dont 33 de 2 *t* et 75 de 1,5 *t*.

De même qu'en 1901, le mouvement maritime du port d'Anvers s'est fortement accru en 1902. Pendant les onze premiers mois de 1902, il est arrivé :

5 126 navires d'un tonnage de 7 685 681 *t* contre 4 781 navires d'un tonnage total de 6 884 587 *t* en 1901, soit une augmentation de 345 navires et de 801 094 *t*. L'augmentation pour 1901 était déjà de plus de 819 000 *t*.

Il en résulte que l'augmentation de 1902 et de 1901, c'est-à-dire la progression depuis deux ans, sera de 1 640 000 *t* environ.

Navigation intérieure. — Voici l'état comparatif de la navigation intérieure depuis l'année 1892 :

ANNÉES	NOMBRE	TONNAGE
1892	28 287	3 152 703
1893	27 746	3 140 878
1894	29 494	3 447 712
1895	28 472	3 536 528
1896	31 339	4 102 654
1897	31 340	4 241 346
1898	34 356	4 858 058
1899	33 134	4 887 599
1900	32 990	4 994 247
1901	32 765	5 258 645
1902 (11 mois)	29 804	5 241 449

Par suite d'un arrangement accepté par le gouvernement, il sera procédé à la construction des bassins dits « intercalaires » et d'une troisième écluse maritime à l'Escaut.

D'accord aussi avec le gouvernement, l'écluse maritime actuelle du Kattendijk sera transformée en écluse à sas, ce qui permettra l'entrée et la sortie des navires en tout temps.

Nous trouvons dans le même recueil un document qu'il nous paraît intéressant de donner à la suite du précédent et qui se rapporte aussi au trafic du port d'Anvers.

La Chambre de commerce de cette ville a publié sur le trafic comparé des ports d'Anvers et de Rotterdam un mémoire dans lequel elle fait les constatations suivantes :

Anvers a gagné, en 1901, en tonneaux de jauge, environ 710 000 *tx*;

Rotterdam a gagné, la même année, en mêmes unités, environ 56 000 *tx*; Anvers a gagné, en 1901, en tonnes de poids, environ 500 000 *t*, alors que Rotterdam en a perdu environ 350 000.

La statistique officielle donne pour Anvers en 1901, à l'importation, un total de 7 534 327 *t* de 1 000 *kg*. Le chiffre de 1900 (évalué) avait été de 7 023 791 *t*.

Pour Rotterdam, on trouve, en 1901, un total de 10 203 429 *t* de 1 000 *kg*, d'où il suit que Rotterdam dépasse Anvers de 2 700 000 *t*. Rotterdam ayant 6 282 934 *t* de jauge pour 10 203 429 *t* de poids, un tonneau de jauge y représente 1,6 *t* de poids.

Anvers ayant 7 432 126 *tx* de jauge pour 7 534 227 *t* de poids, un tonneau de jauge y représente une tonne de poids.

Le résultat de 1901 pour Anvers est dû à l'augmentation des pleins chargements et au surpoids donné par certaines marchandises. Il confirme cette impression qu'à Anvers le tonnage effectif tend à se rapprocher de la jauge qu'il n'atteignait pas autrefois.

Le tonnage moyen a été, à Anvers, de 1 411 *tx* contre 927 à Rotterdam.

Enfin, la Chambre de commerce donne les chiffres comparatifs suivants concernant les importations en 1901 :

PRODUITS	ROTTERDAM	ANVERS
	t	*t*
Minerais	3 410 996	1 200 000
Froment	1 209 057	1 477 032
Seigle	442 778	60 572
Orge	261 535	180 005
Maïs	348 811	368 262
Avoine	305 144	91 367
Bois de construction	637 572	539 264
Charbons	573 862	1 200 000
Pétrole	311 702	138 935
Graines	165 292	228 000
Cafés	94 097	47 043
Cotons	20 830	63 679
Riz	61 630	66 247
Fruits	45 000	28 000

Le pédographe. — Notre Collègue, M. J. Chollot, a bien voulu adresser à notre Société une brochure relative à une intéressante communication, faite par M. T. Ferguson à la Société des Ingénieurs et Architectes de Shangaï, sur un nouvel instrument qu'il appelle le pédographe.

L'auteur rappelle d'abord qu'il existe un petit appareil connu sous le nom de *pédomètre*, qui marque les distances parcourues par un homme

en marche. Cet instrument est basé sur le déplacement qu'un mobile éprouve à chaque pas du porteur; le nombre de ces déplacements est porté sur un cadran divisé en unités de distance ; bien qu'une vis de réglage permette d'adapter l'appareil au pas de chaque expérimentateur, les résultats sont très peu exacts. Un instrument à prétentions plus modestes, le *passomètre*, se borne à donner l'indication du nombre de pas effectués par le porteur. Ces instruments sont délicats ; le mobile, très sensible, est exposé à des déplacements intempestifs, et il est très facile, dit M. Ferguson, de marcher de façon à faire marquer deux pas au lieu d'un.

Le *pédographe* a un domaine plus étendu : il enregistre par un tracé graphique non seulement les distances parcourues, mais encore les directions suivies, de façon à donner, à une échelle connue, la reproduction exacte du parcours effectué, comme il serait représenté sur une carte. Nous allons essayer de donner une idée des principes sur lesquels repose l'instrument, dont la description, dans le texte anglais, pas très claire déjà, n'est pas accompagnée d'une figure.

Le pédographe est contenu dans une boîte que l'opérateur a devant lui, suspendue à l'épaule par une courroie. Il comporte une planchette sur laquelle on fixe une feuille de papier destinée à recevoir le tracé ; parallèlement à cette planchette et à une faible distance est une plaque de verre dépoli.

La partie active, désignée sous le nom de *recorder*, se compose d'un petit châssis métallique portant une roue à dents pointues qui porte sur le papier et y trace des marques en forme de trous. Le recorder porte sur la feuille et sur la glace par de petites roulettes. La planchette étant maintenue verticale, le recorder descendra verticalement sous l'action de son poids, cette descente étant réglée par les secousses données à chaque pas du porteur.

Voici les dispositions essentielles de ce recorder. Un petit mobile, disposé comme un pendule équilibré par un long ressort agissant sur un très petit bras de levier, fait à chaque oscillation avancer d'une dent une roue à rochet dont l'axe porte une vis sans fin engrenant avec la roue à empreintes. Ce mécanisme constitue une transmission retardatrice, dont les conditions d'établissement sont les suivantes :

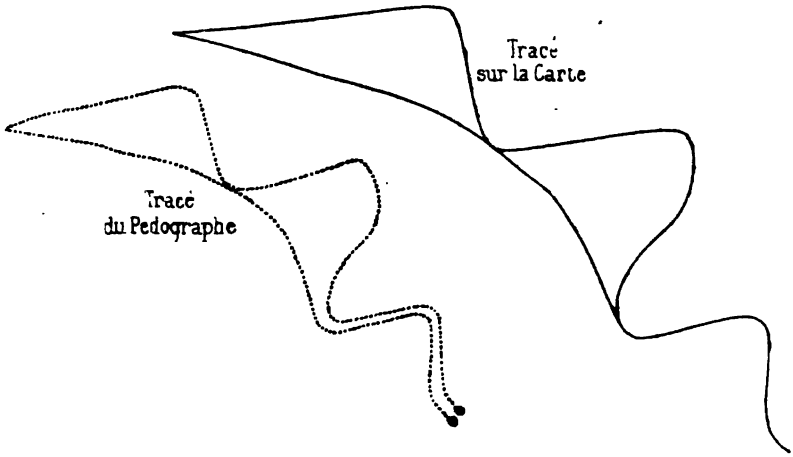
Si la roue à rochet a cinquante dents, cinquante oscillations feront faire un tour à son axe, et la roue à empreintes fera une marque pour cinquante oscillations ou pas. Si l'intervalle des dents de la roue à empreintes est de 1/20 de pouce ou 1,27 *mm* environ, cinquante pas correspondront à cet intervalle et 1 000 pas à 1 pouce ou 25,4 *mm*, 2 000 pas qui font 1 mille ou 1 608 *m* à 2 pouces ou 50,8 *mm* et 1 *km* à 31,5 *mm*. Il suffira que la plus longue distance à parcourir dans un sens ne dépasse pas à l'échelle indiquée de 50,8 *mm* par mille anglais, soit 31,5 par kilomètre, la hauteur de la planchette.

Celle-ci est toujours verticale ; elle est fixée en son milieu à un axe horizontal tenant à la boîte ou enveloppe et peut, par conséquent, tourner autour de cet axe. A la partie supérieure de la boîte, partie supérieure qu'un niveau à bulle d'air permet de maintenir toujours horizontale, est une pièce portant une aiguille aimantée formant boussole. Un bouton

qu'on tourne à la main, ramène la pièce en question à coïncider toujours avec l'aiguille si le déplacement du porteur l'amène à dévier de la direction primitive. Une petite transmission, comportant deux poulies de même diamètre et un cordonnet sans fin, relie la pièce porte-aiguille à l'axe de la planchette, de manière que si le porteur change sa direction à droite où à gauche, la planchette s'incline d'un côté où de l'autre de sa position primitive, tout en restant toujours ainsi que la glace dans un plan vertical.

On comprend ainsi que le tracé fait par le recorder s'inclinera également en traçant la marque du changement de direction du chemin suivi par le porteur. .

Les figures ci-jointes indiquent le tracé fait sur le papier par l'appareil



pendant un parcours fermé, rapproché du même parcours tel qu'il est donné par une carte locale.

La brochure à laquelle nous empruntons ces renseignements, donne de grands détails sur les précautions à prendre pour obtenir des résultats aussi précis que possible. L'emploi de l'appareil est, dit-elle, très simple et la pratique s'apprend très rapidement. L'auteur en a fait l'expérience avec des officiers de l'armée coloniale néerlandaise, qui se servaient parfaitement du pédographe après quelques heures d'essai. Cet appareil peut rendre de grands services pour des reconnaissances, des explorations en pays inconnus ou des levers de plans approximatifs. Il est appelé, dit avec raison M. Ferguson, à populariser la cartographie en mettant entre les mains de personnes telles que voyageurs, explorateurs, missionnaires, fonctionnaires résidant dans des stations lointaines, etc., un moyen simple et commode de conserver la trace de leurs déplacements et de faire faire des progrès modestes, mais réels à la géographie.

Emploi du combustible liquide sur les locomotives. — Certains accidents de chemins de fer, insignifiants en eux-mêmes, peuvent prendre de terribles proportions par suite de circonstances particulières. Ainsi, à White River, aux États-Unis, en 1887, un déraille-

ment causé par la rupture d'un rail, fit que les poêles de chauffage mirent le feu au train ; trente personnes périrent et trente-sept autres furent grièvement blessées.

Le 28 janvier dernier, à Tucson, sur le Southern Pacific, une collision de tête se produisit, par une erreur d'un employé, entre deux trains de voyageurs. Les deux locomotives étaient chauffées au pétrole ; les tenders furent éventrés et l'huile, se répandant sur la voie, prit feu et communiqua l'incendie au train ; une vingtaine de personnes périrent.

L'*Engineering News*, en rapportant cet accident, fait observer très justement qu'aucune compagnie de chemins de fer n'aurait l'idée de mettre au milieu d'un train de voyageurs un wagon chargé de pétrole, mais on ne craint pas de placer immédiatement derrière la locomotive, c'est-à-dire dans une position bien plus dangereuse, un tender rempli du même liquide. Le journal américain se demande s'il ne serait pas prudent d'interdire l'emploi du pétrole sur les locomotives des trains de voyageurs.

Nous nous hâtons d'ajouter qu'on paraît brûler surtout, aux États-Unis, du pétrole brut, tandis qu'en Europe et en Asie, on se sert de résidus de la distillation du pétrole, qui sont très loin de présenter les mêmes dangers, de sorte que les observations qui précèdent ne s'appliquent qu'à l'exploitation des chemins de fer américains.

Il est juste de dire que d'autres journaux des États-Unis ne sont pas du même avis que l'*Engineering News*. A l'objection faite que l'emploi de l'huile peut augmenter les chances d'incendie, dans le cas d'une collision, par la projection du liquide enflammé, le *Railroad Gazette* répond que l'emploi de l'huile diminuerait plutôt le danger parce que le choc amenant la rupture des tuyaux d'amenée de l'huile, le feu s'éteindrait ; il est vrai que les briques du foyer restent incandescentes, mais il est improbable qu'elles soient projetées hors de la boîte à feu. Il y a beaucoup d'exemples d'incendies amenés par la projection, à la suite d'une collision, du charbon embrasé contenu dans le foyer de la locomotive.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mars 1903.

Rapport de M. Voisin-Bey au sujet du mémoire de M. Jean Hersent, sur **les travaux du port de Bizerte.**.

On sait que les travaux du port de Bizerte consistent dans le creusement d'un chenal entre la mer et le lac Iskeul, et dans l'établissement d'un avant-port compris entre deux jetées laissant entre elles une passe en prolongement du canal. Ces travaux ont été terminés en 1898 et l'expérience a indiqué la nécessité de remédier à certains inconvénients par l'exécution de travaux complémentaires.

En 1898 également, la Marine mit au concours la construction d'un port et d'un arsenal dans le fond du lac de Bizerte, à Sidi-Abdallah. Ces travaux furent exécutés, comme les précédents, par MM. Hersent et fils.

L'ouvrage dont nous nous occupons décrit ces divers travaux avec les procédés d'exécution employés. Ce rapport est suivi de la reproduction *in extenso* du mémoire de M. J. Hersent.

Rapport de M. A. Livache sur **l'émaillage à chaud des pièces de fonte de grandes dimensions,** d'après le procédé de M. P. Dupont.

Il s'agit principalement de l'émaillage des baignoires; on les soumet d'abord à un décapage par jet de sable entraîné par l'air comprimé, puis on recouvre la surface intérieure d'un lait très léger d'émail additionné d'une petite quantité de terre de pipe; c'est cet émail très fin qui, pénétrant dans les pores de la fonte, établira la liaison avec les couches suivantes mises par voie sèche.

Lorsque le séchage est suffisant, on place la baignoire dans un four à moufle au moyen de dispositifs mécaniques convenables. Lorsqu'elle a été chauffée assez longtemps pour que la première couche d'émail se soit fondue, on la sort pour appliquer par saupoudrage plusieurs couches successives d'émail en poudre et on la remet au four après chaque saupoudrage. Ces opérations, difficiles à effectuer à la main sur une masse chauffée au rouge, s'opèrent mécaniquement au moyen de tamis, pendant que la baignoire est suspendue de manière à pouvoir recevoir des inclinaisons diverses qui exposent toutes les surfaces intérieures à la projection de l'émail. L'émaillage s'opère en trois fois et, entre chacune, on remet la baignoire au four.

L'émaillage mécanique présente de grands avantages au point de vue de l'hygiène et, de plus, il est plus rapide et plus économique. On peut

émailler vingt-cinq à trente baignoires en vingt-quatre heures au lieu de douze. Autrefois, l'équipe d'un four se composait de cinq hommes et touchait 9 *f* pour la façon d'une baignoire; aujourd'hui, il faut trois hommes qui, touchant 1,90 *f* par baignoire, se font un salaire quotidien supérieur.

Rapport de M. Diligeon sur **le changement de vitesse pour bicyclettes** de M. J.-M. Roullot, mécanicien à Saint-Étienne.

Dans ce système, une roue à denture extérieure est fixée à la roue de chaine; la première est montée avec roulement à billes sur une couronne mobile reliée au moyeu arrière par deux bielles, et ces bielles sont montées sur le moyeu arrière de façon à leur permettre un mouvement transversal et un mouvement vertical d'oscillation.

Les pignons de changement de vitesse sont fixés sur l'axe du pédalier. Sur la couronne mobile est fixée une crémaillère que mène un pignon relié à la tringle de commande guidée par deux supports reliés au cadre de la machine. C'est la combinaison d'un déplacement transversal et vertical réglés par des rainures pratiquées sur la tringle de commande qui fait que la roue à denture intérieure engrène avec l'un ou l'autre des pignons fixés au pédalier. On peut avoir trois vitesses; la disposition est assez simple et fonctionne bien.

Rapport de M. G. Richard sur **le système de commande par le galet enrouleur débrayeur** de M. le capitaine Leneveu.

L'inventeur donne le nom d'enrouleur débrayeur pour transmissions par courroies à un appareil dont le principe bien connu est l'utilisation de l'accroissement très rapide de l'adhérence des courroies sur leurs poulies à mesure que s'accroît l'angle d'enroulement.

Cet accroissement s'opère par l'emploi d'un galet disposé de manière à appliquer la courroie presque sur toute la circonférence de la poulie menée, ce galet étant monté sur un levier qui permet de l'appuyer sur le brin mené.

Ce dispositif, avec des précautions convenables pour son application, donne de bons résultats et est susceptible de multiples applications.

Une région industrielle en Allemagne. — Les fermes à betterave de la Saxe, par M. Hitier.

L'agriculture allemande exporte plus d'un million de tonnes de sucre annuellement à l'étranger; on peut par là juger de la production. C'est surtout en Saxe que la culture de la betterave est organisée d'une façon remarquable et dont l'étude est faite dans cette note. L'auteur en conclut que d'une visite attentive dans la région de culture industrielle de la Saxe se dégage un double enseignement : un enseignement technique d'abord : habile répartition de cultures plus variées que dans nos fermes à betteraves; soin extrême qu'apportent les agriculteurs à la tenue et à la propreté de leurs terres, soin extrême à ne rien laisser perdre des matières fertilisantes de la ferme; soin extrême à l'établissement des rations alimentaires des animaux. Quant à l'enseignement économique, nouvelle constatation des avantages matériels et moraux

que peut procurer l'association, car la plupart des sucreries allemandes sont des sucreries coopératives, organisées entre propriétaires voisins, chacun s'engageant à cultiver annuellement une certaine quantité de betteraves et à contribuer au fonds social dans une certaine proportion.

Essais de flexion sur des barrettes verticales de ciment soumises à un effort déterminant dans leur longueur un moment fléchissant constant, par M. L. Deval.

Notes de mécanique. — Nous trouvons sous ce titre une note sur l'emploi des appareils de nivellement dans les ateliers, d'après C. C. Tyler, une sur la fabrication mécanique d'un couteau, une sur l'emploi du jet de sable pour le nettoyage des aciers, et enfin une étude sur des essais pour déterminer la résistance des meules en émeri et en carborundum, d'après le Z. V. D. I.

ANNALES DES MINES

12e livraison de 1902.

Les gisements de quartz aurifères en Sibérie, par M. A. Bordeaux, Ingénieur civil des Mines.

Ce mémoire étudie les gisements des districts d'Atchinsk et de Minoussinsk, dans la Sibérie occidentale et les districts de la Léna, de Nertchinsk et de Vladivostok, dans la Sibérie orientale; dans l'étude de chaque district, il fait une description géologique du pays, décrit les gisements principaux et termine par l'examen des conditions d'exploitation de ces gisements. En passant, comme le développement minier d'une région dépend beaucoup de l'existence du combustible dans cette région et de la possibilité d'y installer l'industrie sidérurgique, l'auteur dit aussi quelques mots des gisements de fer et de charbon. Ainsi, on a découvert de très importants gisements houillers dans la région qui avoisine Vladivostok et la même région paraît abondante en minerais de fer, fait d'une grande importance à cause de la rareté de ce minerai au Japon et des quantités considérables qu'on pourrait en écouler en Chine.

Bulletin des accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'année 1901.

Le nombre total des accidents a été de 36 et il y a eu 27 personnes tuées et 35 blessées. Si on divise ces accidents par nature d'appareils, on en trouve 11 arrivés à des chaudières non tubulaires, avec 13 tués et 11 blessés; 14 avec 8 tués et 14 blessés arrivés à des chaudières à tubes de fumée; 7 à des chaudières à tubes d'eau, avec 4 tués et 9 blessés, et enfin 4 arrivés à des récipients avec 2 tués et 1 blessé.

Si on divise les accidents sous le rapport des causes présumées résultant de l'étude des dossiers administratifs, on trouve que 6 des accidents

paraissent dus à des conditions défectueuses d'établissement, 19 à des conditions défectueuses d'entretien, 12 à un mauvais emploi des appareils et 3 à des causes non précises. Le chiffre total des causes est de 40 contre 36 accidents, parce que, dans 4 cas, l'accident a été porté comme dû à deux causes.

1re livraison de 1903.

L'abatage mécanique dans les mines de houille d'Angleterre, par M. Defline, Ingénieur des Mines.

La question de l'abatage mécanique de la houille a pris une grande importance en Angleterre en présence de la concurrence américaine pour les charbons et certains ingénieurs ont posé en principe que : « Le charbon anglais doit être abattu mécaniquement, ou bien le charbon américain et celui des autres parties du globe chasseront le charbon anglais. » Malgré ces raisons, l'abatage mécanique se développe lentement en Angleterre.

La note dont nous nous occupons décrit les principaux systèmes de haveuses employées en Angleterre et donne quelques renseignements sur leur fonctionnement et leurs résultats, puis elle recherche les causes du peu d'enthousiasme qu'on manifeste dans ce pays pour l'abatage mécanique. L'auteur est d'avis que le facteur le plus important du développement de l'abatage mécanique est moins la cherté de la main-d'œuvre que son impuissance (1) à augmenter très rapidement l'extraction d'une mine et la production d'un pays.

Beaucoup de personnes pensent que l'abatage mécanique est le moyen le plus efficace pour résister à l'invasion du charbon américain, en permettant à l'Angleterre, avec les ouvriers et les travaux de mines dont elle dispose, d'augmenter rapidement sa production et de redevenir le premier pays du monde pour la production de la houille. Mais les exploitants, pris individuellement, y gagneraient probablement beaucoup moins que la nation à cette augmentation de la quantité de houille jetée sur le marché du monde, et c'est ce qui rend leur hésitation actuelle très compréhensible.

Note sur la **théorie des gîtes minéraux** par M. L. de Launay, Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'École supérieure des Mines.

Cette note se compose de trois études qui semblent d'abord ne présenter aucun rapport entre elles, mais qui, cependant, ont un lien au point de vue géologique : ce sont la géologie du graphite, le rôle du titane en géologie, et des observations sur les kaolins de Saint-Yrieix.

Revue périodique des Accidents d'appareils à vapeur, par M. C. Walckenaer, Ingénieur en chef des Mines (1er article).

Cette note débute par l'examen des accidents relevés par périodes quinquennales depuis 1865, en rapportant le nombre de tués au nombre d'appareils en service; on observe une diminution constante. De 1865 à

(1) Nous avons respecté le texte du mémoire, mais il y a évidemment une erreur de composition.

1870, il y a eu 3,7 tués par 10 000 appareils et par an, alors que de 1896 à 1900 il n'y en a eu que 1,6.

On peut aujourd'hui considérer le risque des appareils à vapeur comme un des plus faibles de l'industrie. M. Aguillon, Inspecteur général des Mines, a constaté que sur 33 séries dans lesquelles on peut classer l'ensemble des industries, les appareils à vapeur figurent au vingt-sixième rang. On doit reconnaître qu'en Allemagne la situation est encore plus satisfaisante.

La note examine les accidents sous le rapport des appareils; elle constate qu'à côté de leurs avantages incontestables, les générateurs à petits éléments ont laissé à désirer sous le rapport de la sécurité des chauffeurs. La constatation, ajoute-t-elle, n'a rien de neuf; on ne la renouvelle ici que pour insister sur l'utilité des remèdes qui s'imposent.

L'année 1901 a vu un relèvement du nombre des accidents, le taux représente 1,9 tués pour 10 000 appareils. Les 36 accidents survenus sont examinés en détail d'après leur nature : on constate que sur un total de 27 tués, il y en a 4, soit 1/6 pour les chaudières à petits éléments, dont le nombre ne représente guère que le dixième du nombre total d'appareils.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Avril 1903.

District du Nord.

Réunion tenue à Douai le 18 janvier 1903.

Communication de M. Bar sur **la pompe électrique de la fosse n° 9 des mines de Courrières.**

L'installation relative à cette pompe comporte, à la surface, un groupe électrogène comprenant une machine à vapeur jumelle, type Corliss; attelée directement à un alternateur volant, recevant son courant d'excitation d'une dynamo actionnée par une courroie passant sur l'arbre de ce volant. Le courant est triphasé à la tension de 2 000 volts. L'installation du fond comporte un moteur asynchrone recevant le courant et commandant par courroie une pompe à trois corps.

La machine motrice peut développer 300 chevaux effectifs.

La pompe a trois plongeurs de 185 *mm* de diamètre et 300 de course; elle est établie pour refouler 200 m^3 à l'heure d'une profondeur de 250 *m*.

L'installation a coûté 160 000 *f*.

Communication de M. Malissard-Taza sur **le matériel de mine à l'Exposition de Dusseldorf.**

L'auteur passe rapidement en revue : les machines d'extraction, les pompes intérieures, les compresseurs d'air, les machines mues par l'électricité, savoir pompes de mines et appareils d'extraction, et termine par quelques renseignements intéressants sur le Congrès des accidents du travail et des assurances sociales qui ont eu lieu à Dusseldorf et

auquel il a pris part. Il indique qu'actuellement, en Allemagne, l'assurance des malades porte sur 9 millions de personnes, l'assurance accidents s'applique à 18 millions et l'assurance vieillesse à 12 millions.

Communication de M. Prudhomme sur **un nouvel appareil d'embarquement des charbons aux mines de Dourges.**

Cet appareil décharge d'un seul coup des wagons de 15 *t* et en embarque le contenu dans les bateaux, la différence entre le quai et le plan d'eau n'étant que de 3 *m*. La commande se fait par l'électricité, le courant provenant d'une station centrale située à 5 *km* et actionnée par la vapeur en excès des fours à coke.

L'installation complète a coûté 30 000 *f* ; on peut embarquer facilement 100 *t* à l'heure à un prix de revient inférieur à 5 centimes par tonne.

Communication de M. Niollet sur **l'exploitation des crochons de grande puissance aux mines de Douchy.**

On désigne sous le nom de « crochons » des gisements d'une allure excessivement tourmentée, présentant une succession de plats et de dressants ayant de nombreux points de rebroussement. Ces crochons sont généralement terminés par un amas de charbon souvent très important qu'on appelle « queue du crochon », et qui affecte des contours très capricieux.

Les crochons peuvent avoir une faible ou une grande épaisseur ; dans ces derniers, la veine, mesurée verticalement du toit au toit ou du mur au mur, dépasse 3,50 *m*. Pour les premiers, on exploite à peu près comme d'habitude, tandis que, pour les seconds, on emploie la méthode par tranches horizontales prises en gradins droits.

Communication de M. Sainte-Claire Deville sur **l'intercalation de bancs de calcaires fossilifères dans le terrain houiller moyen du Nord.**

Communication de M. Delage sur **l'application de la méthode graphique de M. Deschamps à l'étude de l'équilibre d'une machine d'extraction.**

Cette méthode, due à M. Deschamps, professeur à l'Ecole de Liège, consiste dans le tracé d'une épure donnant les courbes des différents moments qui se rapportent à l'extraction. Ces épures servent à déterminer les dimensions de la machine.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 13. — *28 mars 1903.*

Emploi d'une forte surchauffe dans les turbines à vapeur, par E. Lewicki.

Exposition de Dusseldorf. — Appareils pour le broyage, le transport, le chargement et le déchargement des minerais, par H. Rasch *(suite)*.

Exposition de Dusseldorf. — Les appareils de levage, par Ad. Ernst *(suite)*.

Nouvelles recherches sur la résistance des locomotives et des trains, particulièrement au point de vue des grandes vitesses, par A. Frank.

Bibliographie. — Les moteurs à combustion intérieure, par H. Güldner.

Revue. — Commande électrique des laminoirs par la Société Générale d'Électricité, précédemment Schuckert et Cie. — Exposition allemande d'automobiles à Berlin en 1903. — Régulateur de volants d'Arthur Robinson.

N° 14. — *4 avril 1903.*

Compresseur compound avec soupapes articulées, système Hoerbiger, par L. Walther.

Installation de force avec tirage mécanique, par E. Josse *(fin)*.

Emploi d'une forte surchauffe dans les turbines à vapeur, par E. Lewicki *(suite)*.

Exposition de Dusseldorf. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

Expériences sur une machine frigorifique à ammoniaque comprimée, par R. Stetefeld.

Groupe de Cologne. — Utilisation des chutes d'eau.

Groupe du Rhin inférieur. — La spécialisation pour les techniciens.

Bibliographie. — Manuel pour la construction navale, par O. Schlick. — Théorie et pratique de la filature, par H. Brüggemann. — Manuel d'électrotechnique, par C. Heinke.

Revue. — Presse hydraulique, système Otto Philippe. — Déplacements de ponts métalliques sur le Tessin et la Verzasca. — Appareil à dessiner.

N° 15. — *11 mars 1903.*

Expériences sur des moteurs à alcool et sur un moteur Diesel et compte rendu des essais sur des locomobiles à alcool faits en 1902 par la Société allemande d'Agriculture, par E. Meyer.

Exposition de Dusseldorf. — La métallurgie, par Fr. Frölich *(suite)*.

Emploi d'une forte surchauffe dans les turbines à vapeur, par E. Lewicki *(fin)*.

Exposition de Dusseldorf. — Les chemins de fer et moyens de transports, par M. Buhle *(suite)*.

Études sur les transmissions à vis sans fin, par A. Baumann.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Courants à haute tension et haute fréquence.

Groupe de Franconie et du Haut Palatinat. — Nouveaux procédés pour le travail du bois.

Groupe de Hanovre. — Installations d'écluses à Leer.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Chauffage par la vapeur d'échappement et son influence sur le rendement de la machine.

Bibliographie. — La fabrication du ciment de Portland, par C. Naske. — Génératrices asynchrones pour courants alternatifs, simples ou polyphasés. — Théorie et application, par Cl. Feldmann.

Revue. — Le canal de Teltow. — Locomotive pour trains de banlieue du Great-Eastern. — Notice nécrologique sur Frédéric-Alfred Krupp. — Navires avec turbines à vapeur.

N° 16. — *18 avril 1903.*

Fabrique de presses mécaniques (d'imprimerie) de Koenig et Bauer, à Kloster Oberzell, près Wurzbourg.

Expériences sur l'application très prolongée de la chaleur sur certains métaux, par R. Stribeck.

Exposition de Dusseldorf. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

Méthode d'extraction du cuivre et du nickel de certains minerais magnétiques contenant ces métaux, par E. Günther.

Groupe de Wurtemberg. — Traction électrique sur les tramways et les chemins de fer.

Revue. — Pont roulant à manœuvre électrique de Jessop et Appleby frères. — Le système métrique en Angleterre.

N° 17. — *25 avril 1903.*

Construction de la première machine à vapeur, il y a cent ans, chez Franz Dinnendahl, à Steele-sur-Ruhr.

Exposition de Dusseldorf. — Les appareils de levage, par Ad. Ernst *(suite)*.

Expériences sur des moteurs à alcool et sur un moteur Diesel et compte rendu des essais sur des locomobiles à alcool faits en 1902 par la Société allemande d'Agriculture, par E. Meyer.

Les locomotives de l'époque actuelle, par E. Brückmann *(suite)*.

Groupe de Cologne. — Nouvelle machine frigorifique et ses applications.

Groupe de la Haute-Silésie. — Les installations électriques dans la Haute-Silésie.

Bibliographie. — Notes de laboratoire métallurgique, par H.-M. Howe.

Revue. — Machine à vapeur de 5 000 *ch*, construite par Sulzer frères, pour le Metropolitan Electric Supply, de Londres. — Distribution de machines à vapeur de R.-W. Dinnendahl.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Contrôle de chemins de fer et de tramways (1), par M. Jean DE LA RUELLE.

Nous sommes ici en présence d'un exemplaire de cette excellente collection publiée sous le nom de « *Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics* » qui a déjà produit un certain nombre d'ouvrages de valeur et d'une grande utilité pratique.

L'étude du contrôle des voies ferrées y est très rationnellement présentée aux lecteurs sous la forme de neuf chapitres ou titres généraux, dans lesquels l'auteur, avocat et rédacteur au Ministère des Travaux publics, examine successivement les caractères généraux du droit de contrôle de l'État, l'organisation de ce contrôle sur les chemins de fer, le rôle et les attributions des différents fonctionnaires du contrôle, l'utilité du contrôle financier, les différents conseils, comités et commissions institués auprès du Ministre des Travaux publics et ayant des attributions en matière de chemins de fer, l'organisation des Inspections remplaçant le contrôle ordinaire au chemin de fer de l'État, le contrôle des chemins de fer d'intérêt local, tramways, chemins de fer miniers et industriels, des réseaux algériens et tunisiens, et enfin le personnel du contrôle. Des annexes donnent toutes les lois et tous les décrets ou règlements qui régissent la matière y compris les automobiles.

Chacun de ces titres généraux est divisé en un certain nombre de chapitres, dans lesquels sont exposés avec une compétence réelle et sous une forme facile, les différentes branches et les divers services correspondants.

Nous signalerons en particulier le titre III, qui précise les attributions du Ministre, des Préfets, des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines, et de leurs agents, des contrôleurs du service commercial, des commissaires de surveillance administrative, des commissaires spéciaux de la police des chemins de fer, etc., dans toutes les directions où se manifeste leur intervention.

Dans ce titre IX, on remarquera une étude fort intéressante du recrutement des membres de ce personnel, en même temps que de leurs allocations et les conditions de leurs retraites.

L'ouvrage se termine par un supplément donnant le règlement du 15 novembre 1902 sur le service des contrôleurs-comptables et l'arrêté tout récent du 25 novembre 1902 relatif aux nouvelles conditions des concours d'admissions dans le corps des conducteurs des Ponts et Chaussées.

Le chapitre relatif aux chemins de fer secondaires intéressera parti-

(1) In-16, 185 × 120, de 747 pages. Paris Vve Ch. Dunod, 1903, prix relié : 12 francs.

culièrement ceux de nos Collègues, et ils sont nombreux, qui s'occupent de ces questions.

En résumé, nous sommes en présence d'une très consciencieuse étude dont les éléments sont ordinairement épars dans de nombreuses et très différentes directions, et que l'on sera heureux de voir ainsi réunis en un volume de format portatif et abordable. Nous le croyons donc appelé à rendre de réels services à toutes les personnes qui, de près ou de loin, s'intéressent à la question des chemins de fer.

Auguste Moreau.

Les marines de guerre modernes, par L. de Chasseloup-Laubat (1).

Tandis que le navire de commerce doit remplir les quelques conditions d'un programme nettement proposé, le bâtiment de combat doit satisfaire à de multiples désiderata souvent contradictoires.

De là, la facilité relative de l'étude du navire de commerce, cargo-boat ou paquebot. De là, les difficultés presque insurmontables de l'étude du navire de guerre, cuirassé ou croiseur blindé.

Un navire de commerce bien établi, constitue la solution logique d'un problème simple.

Le navire de guerre le plus réussi n'est jamais que l'une des nombreuses solutions approximatives d'un problème infiniment complexe.

Ces quelques lignes, extraites de la préface que M. de Chasseloup-Laubat a écrite en tête de son bel ouvrage, nous donne la mesure du très grand intérêt que peut présenter une étude d'ensemble sur les marines de guerre modernes.

Après avoir publié des mémoires très remarquables sur les machines et chaudières marines, sur les grands paquebots modernes, sur les forces navales espagnoles, américaines, chinoises et japonaises, M. de Chasseloup-Laubat se trouvait préparé mieux que quiconque à entreprendre un travail aussi difficile.

Dans un très beau volume de près de 400 pages in-quarto, il a su nous présenter un tableau général de l'état présent des marines de guerre d'Allemagne, d'Angleterre, d'Autriche, des États-Unis, de France, d'Italie, du Japon et de la Russie.

De nombreuses gravures et de très belles planches hors texte viennent compléter des monographies remplies de chiffres et de données précieuses, et rendent ainsi encore plus attrayantes les descriptions de tous les grands navires des flottes modernes.

Les marines de guerre modernes constituent une très belle collection de documents scientifiques que nous voudrions voir bien souvent consulter par tous ceux qui prennent part aux discussions d'ordre maritime si à l'ordre du jour à notre époque.

Turgan.

(1) In-4°, 280 × 230, de 376 pages avec 216 figures. Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. Prix, broché : 15 *f.*

Tracé et terrassements, par MM. FRICK et CANAUD (1).

Cet intéressant ouvrage est encore un spécimen de cette encyclopédie publiée sous le nom de *Bibliothèque du Conducteur de Travaux Publics*, dont nous avons eu déjà maintes fois l'occasion d'apprécier la valeur et de louer les auteurs. Le présent traité est spécialement destiné aux constructeurs de voies de communications, routes, canaux et chemins de fer.

Comme l'indique son titre, il est divisé en deux parties : la première, rédigée par M. Frick, Ingénieur des Constructions civiles, est consacrée au *tracé* et examine toutes les questions préliminaires à l'exécution des travaux. La seconde, due à M. J.-L. Canaud, conducteur des Ponts et Chaussées, chef de section des Chemins de fer, traite des travaux proprement dits, à l'exclusion, bien entendu, des ouvrages d'art, puisque le volume s'arrête aux terrassements.

La première partie examine les phases diverses de l'étude d'un tracé: principes et règles du tracé, relevé du terrain par profils en travers, par points épars, par cheminement, étude des variantes, comparaison des tracés, méthode et tables de MM. Favier, Durand-Claye, Léchalas, Baum, etc. Toutes ces choses sont fort clairement exposées dans les trois premiers chapitres.

Les chapitres IV à VII résument les opérations nécessaires à la fixation définitive du plan et du profil en long, à la cubature des terrasses, au calcul des profils en travers et, enfin, comme conclusion naturelle. au mouvement des terres.

Un certain nombre d'exemples pratiques complètent cette fort intéressante et très consciencieuse étude où sont exposées plusieurs méthodes nouvelles, en particulier, dans le calcul des profils en travers.

Comme nous venons de le dire, la seconde partie est réservée exclusivement à l'exécution des Terrassements. Elle est divisée en quatre chapitres seulement, mais tous d'une grande importance.

Le premier traite du mode d'exécution des sondages, déblais et remblais. En dehors des procédés classiques de déblais, nous signalerons les passages relatifs aux procédés chimiques, aux perforatrices en rochers, aux explosifs, aux excavateurs européens et américains. Dans les remblais, à remarquer l'exécution spéciale des remblais destinés aux canaux.

Dans le second chapitre sont étudiées les diverses méthodes de transports ; en dehors des moyens élémentaires courants, on y remarque l'usage des divers transporteurs perfectionnés, comme les porteurs aériens à un ou plusieurs câbles, etc.

Le chapitre III contient l'organisation d'un chantier de terrassements; les divers modes d'attaque et d'exécution des tranchées, à la brouette. au tombereau, au wagonnet, au wagon ; il se termine par les règles à suivre pour installer rationnellement une ballastière.

Enfin, le chapitre IV traite la question inséparable des terrassements, de l'assainissement, du drainage, des réparations, moyens de prévenir l'action nuisible des eaux superficielles, d'assécher la plate-forme, de

(1) Un vol. in-16, 185 × 120, de 671 pages. — Vve Ch. Dunod, éditeur, Paris, 1903. — Prix : relié, 15 francs.

réparer les éboulements des tranchées, de consolider les remblais. Un sous-chapitre spécial est consacré aux murs de soutènement ; un autre à l'entretien normal des talus par semis, plantations, clayonnages, gazonnements, etc.

Comme la première partie, celle-ci est marquée au sceau de la compétence et constitue un excellent *vade-mecum* de la question des terrassements.

La fin du volume présente des annexes fort utiles concernant les opérations sur le terrain, les méthodes spéciales de terrassements usitées aux États-Unis : scrapers, conveyors, excavateurs à cuiller, etc., et enfin les courbes de raccordement paraboliques ou autres.

Un appendice donne la série et la composition des dossiers à constituer et à présenter à l'administration dès l'origine ou avant-projet, jusqu'à réception et remise des ouvrages aux services intéressés.

Nous regrettons que notre cadre ne nous permette pas de nous étendre sur nombre de particularités intéressantes de ce consciencieux travail en collaboration, dont l'énumération précédente donnera, nous l'espérons, une idée suffisante. Les personnes qui voudront voir condensées en peu de pages un grand nombre de documents sans être obligées de consulter les grands traités spéciaux, trouveront dans l'ouvrage de MM. Frik et Canaud tout ce qu'il leur faudra connaître pour l'établissement d'une voie de communication.

Auguste Moreau.

Traité des chemins de fer, par M. Auguste Moreau (1).

M. Auguste Moreau a bien voulu offrir, par l'intermédiaire de M. G. Fanchon, éditeur, pour notre bibliothèque, le cinquième volume, nouvellement paru, de son *Traité des chemins de fer*. Les quatre premiers volumes, publiés antérieurement, se trouvent également à la bibliothèque de notre Société. Il nous a paru utile de signaler à l'attention de nos Collègues cet important ouvrage qui, dans son ensemble, ne comporte pas moins de 3 976 pages, grand in-8° et de 6 126 figures intercalées dans le texte. La grande quantité de matières qu'il renferme, les nombreux documents de toute nature qu'on peut y puiser, en font une véritable encyclopédie pour tous ceux qui s'intéressent à la grande industrie des transports par voie ferrée. Les fonctions diverses occupées par l'auteur dans plusieurs Compagnies de chemins de fer l'avaient bien préparé à l'étude de la majeure partie des questions traitées dans son ouvrage, et notamment de celles qui touchent à l'exploitation, à la voie et au matériel fixe. Nous nous plaisons à reconnaître qu'il a su mener à bonne fin la tâche qu'il s'est assignée et qui représente une somme considérable de travail. Pour en donner une idée suffisante, nous passerons sommairement en revue les principaux sujets développés par l'auteur, en suivant l'ordre, d'ailleurs rationnel, qu'il a lui-même adopté.

(1) Cinq volumes grand in-8°, 290 × 200. Paris, Georges Fanchon, éditeur.

En tête du premier volume (1), consacré à l'*Infrastructure*, M. A. Moreau expose, dans une préface, le plan général de son ouvrage. Son but est de mettre l'Ingénieur en possession de tous les éléments qui lui permettront d'étudier, de construire et d'exploiter une ligne de chemin de fer, quelle que soit son importance, qu'il s'agisse de voies normales ou étroites, de grands réseaux ou de chemins de fer sur routes. Toutefois, pour les études approfondies de questions particulières, il renvoie le lecteur aux publications spéciales.

En raison des analogies qui existent dans la construction d'une route et dans celle d'une voie ferrée, les questions relatives aux études préliminaires, aux avant-projets et à l'infrastructure sont, dans les traités de chemins de fer, généralement négligées. M. A. Moreau a cru devoir s'étendre assez longuement sur cette première partie, et il a exposé avec compétence les procédés géodésiques et les méthodes d'exécution des terrassements et des ouvrages d'art. L'outillage et l'organisation des chantiers, le mode de fabrication et d'emploi des matériaux ont fait l'objet de chapitre spéciaux.

Le deuxième volume (2) traite de la *Superstructure*. Les divers systèmes de rails y sont étudiés en détail. De la comparaison du rail à double champignon et du rail Vignole, ressort, pour l'auteur, la supériorité de celui-ci. La question des traverses, et notamment des traverses métalliques, a été développée *ex-professo*. Le chapitre suivant est consacré à la pose de la voie, aux appareils de voies, aux plaques tournantes, aux chariots, aux passages à niveau et aux installations fixes qu'exige l'alimentation des locomotives. Le chapitre relatif à l'établissement des gares et stations, ainsi que des services annexes, est exposé avec clarté et d'une façon très complète. Sous nos yeux défilent de nombreux plans d'ensemble de gares et de bâtiments. La partie qui concerne les dispositions générales des ateliers de réparation est un peu écourtée, mais l'auteur y revient dans le tome V. Le deuxième volume se termine par la description des types les plus connus de signaux et d'enclenchements et par quelques données sur les frais d'établissement de la superstructure.

Le tome III (3), *Matériel et traction*, débute par des considérations générales sur le matériel roulant, suivies de l'examen détaillé des organes constitutifs d'un véhicule (châssis, essieux, roues, bandages, boites à huile, plaques de garde, suspension, appareils de choc et de traction). Les divers types de caisses de voitures et de wagons sont abondamment représentés. Qu'il nous soit permis, incidemment, de noter que les paragraphes qui traitent de la nature du métal des essieux et des bandages et de leur fabrication, ne sont plus tout à fait au niveau de la pratique actuelle.

Le chapitre suivant est entièrement consacré à la locomotive. M. A. Moreau donne brièvement quelques notions, complétées dans le tome V, sur la détermination de la résistance des trains et de la puissance des

(1) Tome I^er^. *Infrastructure*. — 555 pages, 513 figures ; prix, broché : 17,50 *f*.
(2) Tome II. *Superstructure*. — 743 pages, 1 284 figures ; prix, broché : 25 *f*.
(3) Tome III. *Matériel et traction*. — 918 pages, 1 987 figures ; prix, broché 30 *f*.

locomotives. Puis il étudie successivement la chaudière et ses appareils accessoires, le mécanisme et le châssis. Les questions de stabilité et de perturbations pendant la marche, qui intéressent au plus haut point l'établissement des contrepoids, n'ont été qu'effleurées. Enfin, sont passés en revue les types les plus importants de locomotives et de tenders, dont l'auteur donne le plus souvent un plan d'ensemble, accompagné de quelques lignes explicatives, ainsi que d'un tableau des données principales de la machine.

Les matières contenues dans ce volume n'ont peut-être pas été traitées avec l'autorité qui a présidé à la rédaction des tomes I et II. Quelques erreurs de détails se sont, en outre, glissées sous la plume de l'auteur, par exemple quand il dit qu'une locomotive, remorquant une faible charge, peut dépasser difficilement la vitesse de 110 *km* à l'heure et encore, lorsqu'il avance que les Américains sont très réfractaires à l'invasion de la machine compound.

Le quatrième volume (1) est divisé en deux chapitres. Dans le premier, nous trouvons la suite de l'étude de la locomotive. M. A. Moreau fait d'abord l'historique de l'application du système compound : il en expose les propriétés et les avantages, en s'inspirant notamment des remarquables études qu'ont faites de la question nos collègues, MM. A. Mallet et A. Pulin. Il aborde ensuite l'examen des divers dispositifs de démarrage de machines à double expansion, ainsi que des différents modes de distribution, avec mécanismes de changement de marche, liés ou indépendants. Puis vient la description des principaux types de locomotives compound à deux, trois ou quatre cylindres, soit françaises, soit étrangères, ainsi qu'un résumé des expériences les plus concluantes qui ont été faites concernant le fonctionnement de ces machines. Toutefois, nous n'y avons pas vu figurer les essais si intéressants effectués par le professeur Goss, à l'Université de Purdue. Après les locomotives compound, M. A. Moreau passe en revue les locomotives étrangères, surtout au point de vue des particularités qu'elles peuvent présenter. Suivant l'expression même de l'auteur, il donne « impartialement, et le plus souvent textuellement, les appréciations des inventeurs sur leurs propres machines, ainsi que leurs critiques ». Il laisse, en effet, au lecteur, le soin de tirer la philosophie qui ressort de l'examen de tous ces types de locomotives et de dégager la conclusion relative aux progrès réalisés dans la construction du matériel de traction, d'après l'état actuel de cette industrie dans chaque pays.

Le deuxième chapitre, fort complet, se rapporte aux freins, à l'éclairage, au chauffage et à la ventilation des voitures. Presque tous les dispositifs connus y sont décrits avec de nombreux détails.

Dans le cinquième volume (2) sont traitées toutes les questions qui touchent à l'*Exploitation* des chemins de fer, le mot exploitation étant pris dans son sens le plus large, c'est-à-dire « l'ensemble des services qui concourent à réaliser, dans les meilleures conditions, la régularité

(1) Tome IV. *Locomotives compound. Locomotives étrangères. Freins. Chauffage, éclairage et ventilation des voitures à voyageurs.* — 768 pages, 1362 figures; prix, broché : 27,50 *f.*

(2) Tome V. *Exploitation. Statistique.* — 992 pages, 980 figures; prix, broché : 35 *f.*

et la sécurité des transports ». Ce volume abonde en documents du plus haut intérêt; peut-être même paraîtra-t-il touffu, en raison même du grand nombre de renseignements qu'il renferme. Après avoir donné un aperçu de l'organisation générale des services d'une Compagnie de chemins de fer, M. A. Moreau s'étend longuement sur l'entretien et la surveillance des voies et des stations. Ce chapitre complète à cet égard le tome II. En ce qui concerne l'éclairage des gares, l'électricité semble avoir seule les préférences de l'auteur, car les autres modes d'éclairage, et notamment ceux que donne l'emploi des appareils perfectionnés les plus récents, au pétrole, au gaz, à l'acétylène, sont passés sous silence.

Le chapitre suivant est relatif à la traction proprement dite, aux avaries des locomotives et aux moyens d'y remédier, soit en cours de route, soit dans les dépôts. Nous trouvons également quelques détails sur l'organisation des grands ateliers de réparations, principalement en Angleterre et en Amérique. Cette partie du volume sera certainement très appréciée des spécialistes. Les paragraphes qui suivent renferment la description de quelques appareils accessoires des locomotives, tels que les tachygraphes, les fanaux, etc., puis un aperçu, malheureusement un peu sommaire, sur l'emploi des hautes pressions dans le matériel de traction; enfin, des indications sur la manutention des combustibles et sur la législation spéciale des locomotives.

L'entretien des voitures et des wagons fait l'objet d'un paragraphe important, qui est complété par l'étude des principaux types de fourgons employés par les Compagnies de chemins de fer pour leurs essais dynamométriques. Viennent ensuite quelques considérations sur les wagons de grande capacité, dont l'usage se répand de plus en plus, sur l'éclairage des voitures, particulièrement au point de vue de la dépense, sur la manutention mécanique des wagons dans les gares, et sur diverses questions secondaires, intéressant le matériel roulant, et dont la plupart constituent un complément à différents sujets traités dans les troisième et quatrième volumes.

Le troisième chapitre se rapporte à l'exploitation technique; le service des gares (voyageurs et marchandises) et le service des trains en forment les deux subdivisions. L'auteur examine les dispositifs propres à assurer la sécurité dans la circulation des trains et, notamment, tous les appareils de block-système. En ce qui concerne les trains de voyageurs, il donne des indications détaillées sur la police des chemins de fer, l'intercommunication des voitures. Il insiste sur le problème de l'augmentation de la vitesse des trains et, incidemment, fournit quelques renseignements sur les appareils fixes ou portatifs, destinés à contrôler cette vitesse. Il poursuit en exposant les résultats d'essais les plus nouveaux, concernant la résistance des trains. Nous nous permettons, à ce propos, de relever deux petites inexactitudes : il n'a pas été fait, à la Compagnie du Nord, ainsi que le dit M. A. Moreau, d'expérience spéciale destinée à évaluer, à différentes vitesses, la résistance de l'air sur les véhicules; la résistance globale a seule été déterminée et les coefficients de traction que présente l'auteur, à ce sujet, s'appliquent à la résistance totale. En second lieu, en citant des exemples de trains, remorqués sur le réseau du Nord, dans des conditions particulièrement remarquables,

M. A. Moreau dit que, pour franchir en trois heures cinq minutes la distance de Paris à Calais, on a dû marcher quelquefois à la vitesse de 140 *km* à l'heure. Il n'est pas nécessaire de dépasser la vitesse maxima de 120 *km* — et encore sur les longues pentes seulement — prescrite par les règlements, pour arriver au résultat précité.

La question de la circulation des trains-tramways et celle, toute d'actualité, des automobiles postales et des automotrices pour chemins de fer, n'ont pas été oubliées. Une large place a été réservée aux trains de marchandises. L'auteur passe successivement en revue leur composition et leur utilisation, les dispositions à prendre pour le transport des matières infectes ou dangereuses, du bétail, du poisson, etc. Il s'étend ensuite sur la situation matérielle et morale des agents des Compagnies de chemins de fer, sur leur recrutement, leur éducation; il fait allusion aux lois proposées dernièrement aux Chambres, concernant la réglementation des heures de travail de ce personnel.

Le chapitre suivant traite de l'exploitation commerciale et, notamment, des tarifs. Quelques pages sont consacrées au rôle et à l'organisation du contrôle technique de l'État, ainsi que du contrôle commercial, de création récente, dont le but est de défendre les intérêts du public, tout en respectant l'intérêt des Compagnies et des contribuables. Le cinquième volume se termine par quelques données statistiques, et par un aperçu de l'organisation financière des Compagnies françaises et des conventions qui régissent, à cet égard, leurs rapports avec l'État.

De nombreuses et claires figures illustrent l'ouvrage de M. A. Moreau; toutefois, l'obligation qu'on s'est imposée de les intercaler toutes dans le texte n'a pas permis de reproduire les dessins d'ensemble, et particulièrement ceux de locomotives, à une échelle assez grande pour que la lecture en soit rendue toujours facile. L'exécution matérielle est soignée; les caractères sont nets et de grosseur convenable. L'ouvrage est divisé en un grand nombre de chapitres et de paragraphes numérotés; en outre, pour la commodité des recherches, une table des matières très développée a été placée à la fin de chaque volume.

Ce compte rendu, déjà long, ne donne cependant qu'une idée imparfaite de l'intérêt que présente le Traité de M. A. Moreau, qui constitue une source précieuse et abondante de renseignements, présentés avec la plus complète indépendance, sur l'état actuel des chemins de fer. L'auteur ne s'est pas borné à faire une compilation, souvent érudite, des nombreuses études qu'ont fait surgir les questions de chemins de fer; il y a ajouté des aperçus personnels que lui a suggérés son expérience. Il a eu le soin d'élaguer toute considération purement théorique et n'a eu recours, le cas échéant, qu'à des calculs élémentaires, de façon à conserver à l'ouvrage un caractère éminemment pratique.

Ce traité, l'un des plus complets qui aient paru sur la matière, est appelé à occuper dans la littérature des chemins de fer une place des plus honorables. Nous exprimerons, en terminant, le désir que l'auteur ne nous fasse pas attendre trop longtemps le sixième volume de son Traité, qui sera consacré, croyons-nous, aux chemins de fer secondaires et aux tramways et qui terminera la publication de cet important ouvrage.

F. Barbier.

IIe SECTION

Les distributions à changement de marche avec tiroir unique (1), par A. Fliegner, Professeur à l'École Polytechnique Fédérale de Zürich, traduit sur la deuxième édition allemande par P. Hoffet, Professeur de mécanique industrielle à l'Université de Lausanne. — Schulthess et Cie, Éditeurs à Zürich. — Béranger, Éditeur à Paris.

La grande notoriété de l'auteur et le fait de deux éditions allemandes se suivant rapidement ont fait penser aux éditeurs qu'il y aurait utilité à faire paraitre une traduction française de cet excellent ouvrage et ils en ont confié l'exécution à M. le professeur P. Hoffet, Ingénieur du Commissariat général suisse à l'Exposition de 1900, qui s'est excellemment acquitté de cette tâche des plus délicates.

Le travail de M. Fliegner est traité surtout au point de vue pratique et l'auteur a adopté la méthode exclusivement graphique en se servant plus spécialement de l'épure approchée du professeur Christian Muller, de Stuttgart, qui constitue une dérivation simplifiée de l'épure exacte de Storch. L'épure de Muller a le grand avantage de permettre de suivre facilement la marche de la distribution et se prête particulièrement à l'élaboration des projets.

L'ouvrage dont nous nous occupons se compose de deux parties dont la première se rapporte à l'étude du mouvement des obturateurs employés dans les distributions, tandis que la seconde partie s'occupe des mécanismes à changement de marche qui transmettent le mouvement de l'arbre du moteur au tiroir.

Nous croyons devoir signaler ici une particularité intéressante. Outre les distributions, qu'on peut appeler classiques, de Stephenson, Gooch, Allan, Walschaerts et les distributions radiales, lesquelles sont présentées sous les formes habituellement employées dans la pratique, l'auteur signale quantité de dispositions dérivées des précédentes, dispositions soit simplement proposées, soit réalisées déjà. On trouve là des documents très intéressants et qui, à notre connaissance, sont réunis pour la première fois et classés sous une forme méthodique. Nous ajouterons que sept planches contenant 66 figures viennent aider à la compréhension du texte.

Nous croyons, avec le traducteur, que l'ouvrage du savant professeur de Zurich sera apprécié des techniciens de langue française comme il l'a été de ceux qui l'ont étudié dans les éditions allemandes.

A. Mallet.

Épuration des eaux d'alimentation de chaudières et désincrustants, par A. Taveau, Ingénieur des Arts et Manufactures (2).

Cet ouvrage, destiné aux industriels qui emploient la vapeur comme

(1) In-8°, de 235 × 160 de xx-191 pages, avec 7 planches. Zurich, Schulthess et Cie, 1903.

(2) Petit in-8° (19×15), Encyclopédie scientifique des aide-mémoire (Librairies Gauthier-Villars et Masson et Cie).

force motrice, a pour but de présenter au lecteur, condensés en 150 pages, les divers moyens employés, soit pour épurer les eaux, particulièrement celles qui servent à l'alimentation des chaudières, soit pour empêcher la formation, dans ces chaudières, de dépôts incrustants, lorsqu'il est fait usage d'eaux non épurées.

L'auteur classe les différents procédés d'épuration en trois catégories :

1° Les procédés chimiques consistant à ajouter à l'eau des substances qui déterminent, par double décomposition, la précipitation des impuretés à éliminer ;

2° Les procédés physiques, qui consistent à éliminer une partie des matières incrustantes par un chauffage préalable de l'eau à épurer ;

3° Les procédés mixtes dans lesquels on a recours aux deux moyens précédents pour débarrasser l'eau de ses impuretés.

Les procédés de la première catégorie font l'objet des sept premiers chapitres dans lesquels M. Taveau étudie : la composition des eaux d'alimentation, les réactions servant de base à l'épuration chimique, l'analyse des eaux et la détermination des éléments d'épuration, les réactifs employés et les appareils d'épuration chimique à fonctionnement intermittent, continu, non automatique et automatique.

Les procédés d'épuration physique et d'épuration mixte font l'objet des chapitres VIII et IX.

Dans le chapitre X l'auteur étudie les désincrustants, les vernis employés quand on ne fait pas d'épuration préalable.

Les diverses causes qui produisent les corrosions des tôles : présence d'acides ou de gaz en dissolution dans l'eau, altérations locales, graisses, action du fer sur l'eau, sont rapidement passées en revue dans le onzième et dernier chapitre.

L'ouvrage se termine par des annexes donnant *in extenso* les *Instructions sur le nettoyage des générateurs* et l'*Instruction sur le procédé de vidange à froid*, publiées par l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.

Des tableaux et une bibliographie complètent cet intéressant ouvrage.

Ch. Compère.

Les Moteurs à explosion (1), par M. Georges Moreau.

Notre Collègue M. G. Moreau, chargé par l'Automobile-Club de France de faire un certain nombre de conférences sur les moteurs particulièrement employés dans ce genre de locomotion, fut amené naturellement à réunir ses leçons en deux volumes fort bien étudiés : *les Moteurs à explosion* et *les Moteurs à gaz*. Nous analyserons d'abord le premier de ces ouvrages.

Etant donné le milieu spécial auquel il est destiné, ce traité s'adresse à la fois aux Ingénieurs et aux praticiens, aux hommes de science et aux sportsmen ; assez pratique pour les uns, assez savant pour les autres, tous y pourront trouver leur profit. L'auteur expose les idées généralement

(1) In-8, 250×160 de XII-935 p. avec 104 fig. Paris, Ch. Béranger, 1900. Prix relié, 20 francs.

reçues aujourd'hui et répandues parmi les spécialistes; il y ajoute quelques idées personnelles dignes de fixer l'attention.

Après l'exposé des principes fondamentaux de la *thermodynamique* (chap. I), M. G. Moreau passe à l'*étude théorique* (chap. II) des machines, puis, de là, au *cycle pratique* ou *cycle corrigé*, envisagé indépendamment du bon fonctionnement et du rendement de l'engin (chap. III).

Le chapitre IV traite de la *transmission de l'effort*. Les automobiles ne comportant pas de grands développements des pièces en mouvement, l'auteur relève particulièrement les influences dues à l'obliquité des bielles courtes.

Dans le chapitre V, sont étudiées les *résistances passives* : frottement, résistance de l'air, perturbations dues aux pièces en mouvement, irrégularités du moteur, etc., tout cela dans le but d'amener au *calcul d'un moteur* qui fait l'objet du chapitre VI où sont exposées les méthodes de calcul des différents organes d'une machine de ce genre.

Le chapitre VII examine les différents combustibles actuellement employés dans les moteurs à explosion : gaz d'éclairage, gaz pauvre, gaz des hauts fourneaux, pétrole, alcool, acétylène. Ce chapitre se termine par l'étude du régime de la détonation : sous pression constante, à volume constant, le tout avec applications.

Enfin, le dernier chapitre (chap. VIII), traite de la comparaison et des essais des moteurs et des voitures automobiles : calculs des moteurs, mesure du travail et pertes diverses. Les professionnels trouveront dans ce chapitre l'exposé d'une méthode de comparaison que l'auteur préconise pour les courses.

Cet ensemble groupe ainsi les données nécessaires pour permettre l'étude complète d'un moteur à explosion, et, en même temps, l'auteur croit devoir appeler l'attention sur certaines questions spéciales: comme les modifications introduites dans les formules par les variations des coefficients de dilatation des gaz, des chaleurs spécifiques, de l'échelle thermométrique, les perturbations dues à l'influence du mécanisme, les inégalités du régime de détonation et, enfin, l'utilité de procéder à des études complètes sur les propriétés du pétrole et, en général, des combustibles employés.

Sans faire double emploi avec les traités spéciaux sur la matière, l'ouvrage de M. G. Moreau occupe très honorablement sa place dans cette catégorie d'ouvrages et peut rendre des services tout particuliers à ceux qui, journellement, cherchent à faire l'application d'un moteur à explosion à l'automobilisme.

Auguste MOREAU.

Les Moteurs à gaz (1), par M. Georges MOREAU.

Le second ouvrage de M. G. Moreau, faisant suite au précédent, plus général, traite spécialement des *Moteurs à gaz*. Il est conçu sur le même plan et renferme six chapitres : I. Introduction (utilité de la théorie, généralités, classification des moteurs); II. Principes généraux

(1) In-8, 250×160 de 224 p. avec 38 fig. Paris, Ch. Béranger, 1902. Prix relié, 12 fr. 50.

de la thermodynamique; III. Variations des éléments supposés fixes (impossibilité d'opérer sur des gaz parfaits); IV. Théorie des moteurs à gaz (moteurs à deux temps, à quatre temps, moteurs à combustion, atmosphériques, relatifs); V. Corrections à apporter aux cycles thermiques; VI. Examen pratique du régime des moteurs (divers combustibles, conditions de marche, inertie des pièces en mouvement, établissement des moteurs).

M. G. Moreau expose, en résumé, l'ensemble du problème des moteurs à gaz tel qu'il est résolu aujourd'hui en montrant, chemin faisant, quelques difficultés et contradictions, et proposant même quelques formules nouvelles intéressantes et utiles.

Il conclut en constatant que parfois, on est forcé de reconnaitre l'insuffisance des explications fournies et des formules établies. A son avis « la plupart des questions soulevées ne peuvent pas être traitées » mathématiquement, d'une façon pratiquement utile, parce que la » plupart des hypothèses faites sont insuffisantes, et parce que l'observa- » tion et l'expérimentation n'ont pas encore réuni un nombre suffisant » de données permettant de formuler des lois sur lesquelles on puisse » étayer une théorie réellement satisfaisante ».

En somme, travail très consciencieux et très sincère qui, comme le premier, sera consulté avec fruit par tous ceux qu'intéresse la question toute d'actualité des moteurs à gaz.

Auguste Moreau.

IIIe SECTION

Gisements miniers, stratification et composition (1), par F. Miron.

Ce petit ouvrage donne, sous une forme très condensée, des renseignements sur un grand nombre de gites de minerais métalliques, classés par ordre de métal, avec description succincte du gisement et analyses de minerais.

L'industrie des Métalloïdes et de leurs dérivés
Par L. Guillet (2).

Dans son opuscule, M. Guillet étudie les métalloïdes au point de vue « industriel », en suivant l'ordre classique et, pour chaque chapitre, il a divisé son étude en trois parties.

La première partie traite le côté historique, en donnant les différentes méthodes de production qui se sont succédées avant d'arriver aux méthodes industrielles actuelles.

La deuxieme partie de chaque chapitre donne l'étude complète des procédés modernes de fabrication.

(1) In-8e, 190 × 120 de 192 p. Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie, 1903. Prix : broché, 2 fr. 50.

(2) In-8, 190 × 120 de 187 p. avec 28 fig. Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie, 1903 prix broché : 2 fr. 50.

Enfin, la troisième partie est consacrée au côté économique et spécialement au coût des installations et au prix de revient.

L'auteur a omis, volontairement, tout ce qui a trait aux dérivés métalloïdiques contenant des métaux. C'est ainsi que la fabrication des sels n'est pas traitée. Cette question sera l'objet d'un livre spécial, réservé aux composés métalliques.

Les procédés électrolytiques sont développés avec soin, ainsi que la fabrication des produits nouvellement entrés dans l'industrie tels que: chlorure de sulfuryle, chlorure de carbonyle et sulfure de phosphore.

H. Lauraix.

Introduction à l'étude des métaux, par M. Ditte (1), Membre de l'Institut, Professeur à l'Université de Paris.

Le livre, dont la Société d'Éditions scientifiques a offert un exemplaire à la bibliothèque de la Société, est formé d'un ensemble de leçons professées à la Faculté des Sciences par M. Ditte.

L'éminent Professeur avait, il y a douze ans, fait paraître deux volumes de « Leçons sur les métaux », qui ont été fort utiles à tous ceux qui s'occupent spécialement de métallurgie chimique.

L'ouvrage actuel ne s'adresse plus seulement aux chimistes ; il est de nature à intéresser tous les Ingénieurs, à cause du point de vue général où l'auteur s'est placé.

C'est ainsi qu'il débute par un chapitre sur les *gîtes métallifères* qui traite des allures de ces gîtes, de leur genèse et de leurs relations avec les roches encaissantes. Beaucoup de prospecteurs s'occupant de mines métalliques y trouveront des notions élémentaires, qui leur échappent trop souvent, sur les réactions chimiques pouvant s'appliquer à la formation des gîtes métallifères.

Dans le deuxième chapitre qui a pour titre : *De l'extraction des métaux et de leurs minerais*, l'auteur revenant à la méthode suivie par Dumas dans son « Traité de chimie appliquée aux Arts », méthode trop souvent oubliée dans la seconde moitié du siècle dernier, s'est préoccupé d'examiner le sujet dans son ensemble : il indique les traitements préliminaires que presque tous les minerais doivent subir à la sortie de la mine, c'est-à-dire la préparation mécanique ; ce n'est qu'ensuite qu'il s'occupe du traitement des produits enrichis, traitement qu'il divise au point de vue métallurgique en quatre classes : 1° métaux natifs ; 2° emploi des réducteurs non métalliques ; 3° emploi des réducteurs métalliques ; 4° emploi de l'énergie électrique.

Le troisième chapitre se rapporte aux *modifications isomériques des métaux*. Les divers états moléculaires du fer sont aujourd'hui connus grâce aux travaux faits dans ces dernières années, spécialement par M. Osmond (auquel notre Société a rendu récemment hommage en lui décernant le prix Schneider pour la métallurgie) ; les autres métaux présentent également des phénomènes d'isomérie assez nombreux ; de là le double intérêt, technique et scientifique, de ce chapitre.

(1) In-8°, 250 × 165 de 488 p. avec 42 fig. Paris, Société d'Éditions scientifiques, 4, rue Antoine-Dubois, 1902. Prix : broché, 15 francs.

Les deux suivants méritent également d'être étudiés avec une attention spéciale, tant au point de vue des résultats pratiques que comportent quelques-unes des questions étudiées — comme celle de la déformation des métaux, — qu'au point de vue des hautes considérations théoriques auxquelles quelques autres questions conduisent — comme celle de la nature des métaux, c'est-à-dire de la nature même de la matière.

L'ensemble qui précède constitue l'étude des métaux considérés en eux-mêmes ; la seconde partie de l'ouvrage est consacrée à l'étude des relations que les métaux ont avec les autres corps.

Elle débute par un chapitre relatif aux combinaisons en général ; la question des variations thermiques qui accompagnent les combinaisons y tient la place prépondérante que lui a toujours réservée M. Ditte, dont les travaux de *Mécanique chimique* ont l'importance que l'on sait. Ces généralités éclairent l'étude des actions des métaux sur les différents corps, simples ou composés et, particulièrement, les combinaisons des métaux les uns avec les autres, c'est-à-dire les alliages. Au sujet de ceux-ci, M. Ditte donne le résumé des belles recherches faites par trois Ingénieurs français : M. Osmond, M. Le Châtelier, Ingénieur en chef des mines et notre savant Collègue, M. Charpy.

Le neuvième chapitre, qui traite « du retour des éléments au sol », montre de quelle façon les métaux achèvent leur cycle ; extraits par l'industrie humaine de la croûte terrestre, ils y retournent, comme les autres corps, sous l'influence destructive et sans cesse agissante de l'atmosphère et de l'eau. La façon dont les métaux sont attaqués, dont ils continuent à s'altérer quand ils sont *malades*, suivant l'expression des archéologues, est précisée par des réactions dont le mécanisme bien que simple n'est souvent qu'imparfaitement connu des praticiens.

Le dernier chapitre contient la discussion des classifications qui ont été proposées pour les métaux et indique comment chercher les bases d'une classification naturelle.

Par ces simples indications relatives aux divers chapitres de l'ouvrage on peut juger, d'une part dans quel esprit celui-ci est conçu et d'autre part du grand nombre de questions qui y sont examinées. Quant à la façon même dont ces questions sont traitées, il n'y a pas lieu d'y insister ; le succès que M. Ditte rencontre dans son enseignement en est le meilleur garant.

P. JANNETTAZ.

IVe SECTION

L'Acétylène. — *Théorie, applications* (1), par M. Marie-Auguste MOREL.

L'ouvrage de M. Morel résume les Comptes Rendus du IIIme Congrès International de l'Acétylène et les études théoriques de l'auteur sur les appareils producteurs de l'acétylène.

(1) In-8°, 250 × 165, de XII-172 pages avec 7 figures. Paris, Gauthier-Villars, 1903. Prix : broché, 5 francs.

Il débute par quelques généralités sur les hydrocarbures et fait ensuite l'historique des carbures métalliques et plus spécialement du carbure de calcium. Après cet exposé, il étudie en détail les propriétés et les applications diverses de l'acétylène, examinées déjà dans d'autres ouvrages au point de vue purement scientifique. Le dernier chapitre est consacré à des considérations théoriques sur les appareils producteurs de l'acétylène : il comprend, d'une part, le calcul de gazogènes non automatiques destinés à des stations centrales et, d'autre part, une étude résumée sur les appareils automatiques destinés à des stations isolées de moyenne et de petite importance où sont décrits sommairement l'appareil de M. Fourchotte à chute d'eau sur le carbure et celui de M. Mallet à chute de carbure granulé dans l'eau. Le volume se termine par une note sur le potentiel thermodynamique des gaz.

Dans son historique de l'acétylène et du carbure de calcium, l'auteur paraît s'inspirer un peu trop de l'esprit des ouvrages étrangers qui se sont ingéniés, dès que M. Moissan eut obtenu au four électrique avec de la chaux et du charbon le carbure cristallisé de formule bien définie, CaC^2, à lui opposer *a posteriori* toutes sortes d'antériorités depuis Davy jusqu'à Wilson.

C'est bien cependant grâce aux découvertes de l'éminent professeur français que l'acétylène a pu devenir un gaz industriel et c'est le mérite de M. Bullier d'en avoir pressenti le rôle.

A part cette critique, le livre de M. Morel se lit avec intérêt et sera consulté avec fruit pour les installations des appareils producteurs du gaz acétylène.

L'industrie des carbures et de l'acétylène n'a pas encore pris tout le développement qu'on pensait lui voir atteindre : pour des raisons diverses, l'enthousiasme du début a été suivi de nombreux déboires. Jusqu'à ce jour, l'acétylène a été presque exclusivement utilisé pour l'éclairage : mais, dans ce domaine, il lui est difficile de soutenir la concurrence avec les autres illuminants, en raison de son prix de revient toujours élevé. A notre point de vue, c'est surtout dans les applications de la chimie industrielle que les carbures et l'acétylène doivent trouver leur emploi. Ce gaz étant le noyau de la chimie organique, on ne saurait trop insister sur l'importance des réactions synthétiques qu'il est appelé à réaliser.

E. Hubou.

Le froment et sa mouture. *Traité de meunerie*, d'après un manuscrit inachevé d'Aimé Girard, par Lindet (1).

Avant d'étudier les appareils qui serviront à réduire le blé en farine, il faut connaître les qualités que doit posséder une farine pour donner le pain blanc demandé par la consommation, et déterminer non seulement quel grain employer, mais encore quelle partie du grain doit être prise ou rejetée et pourquoi.

(1) (In-8°, 250 × 165 de VII-356 p. avec 85 fig. et 3 pl. Paris, Gauthier-Villars, 1903. Prix broché : 12 *fr*.

Aimé Girard avait consacré de longues années à ces études et nous lui devons les remarquables expériences qui lui ont permis de conclure que l'enveloppe des grains, malgré sa richesse en azote et en acide phosphorique, est sans utilité dans l'alimentation, car elle n'est pas digestible pour l'homme (page 48). Cette enveloppe doit donc être rejetée des produits que la mouture destine à la production d'un pain blanc bien levé et de bon goût. D'autre part, le germe renferme en abondance de la céréaline, qui détermine la formation du pain bis, et des matières grasses causes du rancissement des farines (page 64). C'est donc à rejeter l'enveloppe et le germe que doit tendre aujourd'hui la meunerie et ainsi se trouve condamné l'emploi dans l'alimentation du pain de farine entière (pain complet, pain intégral).

Il est important de déterminer la composition du grain de blé, car tous les blés ne se ressemblent pas. MM. Aimé Girard et Fleurent ont démontré qu'au point de vue de la facilité que possèdent les différents grains de donner naissance à des farines blanches très épurées, les blés français doivent être classés au premier rang parmi les blés du monde entier, et s'ils sont inférieurs aux blés russes, comme teneur en gluten, cela provient de l'introduction en culture des variétés d'origine étrangère, dites à grand rendement, des variétés anglaises principalement (page 102).

Après ces études théoriques si nouvelles et si complètes, M. Lindet passe en revue les procédés de conservation et de manutention des grains, puis le nettoyage à sec et le nettoyage à l'eau.

Nous retrouvons ensuite avec plaisir, dans cet ouvrage, son étude sur les origines de la meule qui prépare le lecteur à la construction des moulins de pierre et à l'examen de leur travail dans la mouture haute et basse, les nouveaux procédés du broyage au cylindre, qui permettent au meunier de faire de la mouture haute donnant des farines de gruaux, ce qu'il ne pouvait faire économiquement avec ses meules; l'étude du cylindre, de sa fabrication et de son mode d'action, l'étude des broyeurs terminent le chapitre de la mouture. Il faut classer les produits moulus, c'est le rôle des bluteries, soit à pans, soit planes dites Plansichters, reprendre les semoules et les gruaux dans des sasseurs très ingénieux, comme le sasseur réforme, et remoudre ces semoules ou gruaux.

Un rapide exposé permet de se rendre compte de la marche du travail dans des moulins de différents systèmes et des rendements que l'on peut obtenir.

On doit enfin analyser les farines, les conserver et les vendre.

Toutes ces questions parfaitement étudiées, tous les appareils soigneusement décrits avec figures à l'appui font du traité de meunerie de M. Lindet un ouvrage remarquable, que l'agriculteur, le constructeur de machines et le commerçant auront autant intérêt à étudier que le meunier, et nous conclurons avec l'auteur dans la préface : « Sans doute on produisait de la farine avant que la science s'introduisit au moulin, on s'attachait à suivre les pratiques dont l'expérience avait reconnu la valeur; on faisait ce qu'on savait; il importe aujourd'hui de savoir ce qu'on fait. »

Henri Chevalier.

La pratique des Fermentations industrielles,
par Elisée Ozard (1).

L'ouvrage présenté par M. E. Ozard est avant tout pratique; ce n'est pas un traité relatif aux fermentations, mais bien une étude succincte de celles qui présentent un caractère industriel.

L'auteur a essayé de démontrer que les fermentations ne sont pas dues à des phénomènes proprement vitaux, mais qu'elles dépendent de phénomènes d'ordre diastasique. c'est-à-dire purement chmiques.

L'opuscule débute par l'étude des matières fermentescibles et des ferments eux-mêmes. Les principales fermentations développées ensuite sont celles des matières sucrées avec celles des mélasses et des betteraves. L'auteur a consacré un chapitre à la bière, un autre à la fermentation du raisin et à la fabrication du vin.

Dans chaque cas, les développements sont établis en vue de déterminer les principes essentiels qui doivent présider à la bonne conduite des diverses fermentations étudiées.

H. Laurain.

La richesse forestière. Son déclin, son relèvement (2)
par J. Carimantrand.

L'auteur constate que, depuis un certain nombre d'années, la propriété forestière a été particulièrement atteinte en France et que la vente des coupes de bois est devenue de plus en plus difficile et, par suite, de moins en moins rémunératrice.

Il est nécessaire de connaître les causes de cette décadence si on veut chercher les moyens d'y remédier.

La principale de ces causes est dans les modifications profondes qu'a éprouvées depuis quelques années l'exploitation forestière. On sait que la nécessité de faire subir au bois de chauffage des transports onéreux a amené, depuis longtemps, la concentration de ce combustible sous la forme de charbon de bois. Or cette industrie s'est trouvée considérablement atteinte par la concurrence de la houille pour l'industrie métallurgique et de la même houille, du coke, du gaz, du pétrole et du charbon de tourbe pour le chauffage domestique. On se rendra compte de la transformation ainsi opérée par les chiffres suivants relatifs à Paris pour deux années séparées par un intervalle de trente ans environ :

	1873	1901
Bois dur pour chauffage	432 000	301 000 stères.
Bois tendre pour le boulanger.	278 000	279 000 —
Charbon de bois	2 276 000	1 260 000 doubles hectol.
Charbon de terre	897 000	2 219 000 tonnes.

(1) In-8, 190 × 120 de 168 p. Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie, 1903, prix broché : 2 fr. 50.

(2) In-8°, 210 × 135 de 17 p. Paris, Nouvelle Imprimerie, 1903.

Si on tient compte de la quantité de houille employée à Paris par les usines à gaz, on voit que la consommation de ce combustible a quadruplé en trente ans, alors que celle du bois de chauffage a diminué d'un tiers et celle du charbon de bois de plus de moitié. Par suite de cette diminution, les prix sont tombés de 8 à 10 *f* le sac à 5 et 6 *f*, soit environ la moitié. D'autre part, le prix de la main-d'œuvre a augmenté, de sorte que les conditions d'existence de l'industrie du charbon de bois sont devenues des plus difficiles.

Si le bois a cessé d'être en faveur comme combustible, son emploi pour la menuiserie, l'emballage, les chemins de fer, les mines, la télégraphie, etc., s'est développé en France ; la consommation du bois d'industrie y est supérieure à la production et il faut avoir recours à l'étranger pour combler la différence. On constate ce fait anormal que nous produisons en surabondance des bois dont le consommateur ne veut plus et qu'en même temps ceux que réclame notre industrie deviennent de plus en plus rares et même font déjà défaut. Ce devrait être le contraire. Il y a donc lieu de modifier l'aménagement des forêts de façon à régler la production des différentes espèces de bois proportionnellement à leur consommation.

C'est une œuvre assez difficile et qui ne peut se faire du jour au lendemain. On ne peut pas demander aux particuliers d'en prendre l'initiative; c'est à l'État et aux Communes qui sont les grands propriétaires de forêts qu'il appartient de donner l'exemple et d'entrer résolument dans cette voie en consacrant leurs forêts entièrement à la production du bois d'industrie et en supprimant progressivement la production charbonnière. Il n'y a pas de temps à perdre si on veut éviter l'avilissement de la propriété forestière en France et la ruine de certaines régions dont l'industrie des bois est la principale ressource.

A. M.

Traité de chimie physique; les principes, par Jean Perrin, Professeur de chimie physique à la Faculté des Sciences de Paris (1).

Les chimistes se préoccupaient autrefois uniquement des relations de poids et de fonction qui existent entre les corps de la nature; ils n'avaient que de vagues notions sur leurs affinités. La thermo-chimie est venue élargir ce domaine, en introduisant la considération de l'équivalence et de la transformation des forces; en déterminant la grandeur et le signe des travaux moléculaires, mis en jeu dans les réactions, elle a fait réaliser un immense progrès à la chimie générale. On a donc fait intervenir dans les réactions les énergies mécaniques et physiques, empruntées à la chaleur, à la lumière et à l'électricité. C'est ainsi qu'est née la *chimie physique.*

Cette science nouvelle, placée sur les frontières de deux sciences voisines, mais jusqu'alors indépendantes, leur a servi de trait d'union; elle a mis au service des chimistes les méthodes et les moyens d'action

(1) In-8°, 250 × 165 de xxvi-300 p. avec 38 fig. Paris, Gauthier-Villars, 1903. Prix : broché, 10 francs.

des physiciens et olle a permis aux premiers d'obtenir des résultats inattendus. C'était une nouvelle branche du savoir humain, qui devait avoir ses chaires à elle et ses laboratoires. L'Allemagne a pris les devants dans cette voie du progrès : l'Université de Gœttingen inaugurait, il y a plusieurs années déjà, un grand Institut de chimie physique et d'électrochimie, que le Gouvernement prussien dotait royalement; Leipzig et Berlin suivirent l'exemple et bientôt chaque université enseigna les méthodes nouvelles. La Faculté de Paris a créé à son tour une chaire de chimie physique et c'est M. Jean Perrin qui en est le titulaire.

Le jeune et distingué maître a voulu publier son cours : le volume que nous entreprenons d'analyser en est l'introduction ainsi que son titre l'indique.

La préface de l'ouvrage est un exposé des idées de l'auteur; ces idées ne sont point banales. M. Perrin déclare que son esprit n'est pas satisfait « par les démonstrations, les énoncés ou les définitions que des traditions opiniâtres imposent encore à l'enseignement ». Il ne craint pas de dire que « ces démonstrations sont souvent illusoires, ces énoncés vides de sens et ces définitions inexistantes ».

Il y a donc lieu de réviser tout cela : tout ne sera pas à démolir, mais il y aura beaucoup de détails à modifier : « Je pense, dit-il, qu'on peut sauvegarder quelque temps l'ordonnance générale du vieil édifice, à la condition d'accepter des remaniements nombreux et assez profonds ».

Ce peu de mots, extraits de la préface, suffit pour faire ressortir l'originalité de ce livre, dans lequel M. Perrin reprend par la base toute la mécanique physique. Le premier chapitre est consacré à la notion de force, un second aux facteurs d'action, le troisième au principe d'équivalence et à la notion d'énergie; puis est étudié le rôle des facteurs d'action dans la production des changements. Le principe d'évolution mène à la considération des cycles et de l'entropie. Les principes plus particulièrement chimiques font l'objet des chapitres suivants, intitulés : « Les caractères de l'équilibre stable; les corps purs et les lois des combinaisons; le potentiel chimique ». Enfin, l'auteur expose la règle des phases.

Un tel livre ne s'analyse pas aisément : ceux qui voudront le connaître devront le lire et le méditer. S'ils ne partagent pas toutes les idées du savant chimiste physicien, les lecteurs rendront toujours hommage à la logique de ses déductions et à la nouveauté de ses aperçus.

Aimé Witz.

La Verrerie au XX^e^ siècle (1) par M. Henrivaux.

Tel est le titre du volume que vient de publier M. Henrivaux; nul n'était plus autorisé que l'ancien et distingué Directeur des Manufactures de Saint-Gobain, pour retracer l'histoire des progrès accomplis dans l'industrie du verre pendant le siècle dernier.

(1) In-8, 285×195 de VIII-464 p. avec 169 pl., Paris, E. Bernard et C^ie^, 1903. Prix broché 20 *f.*

Ce livre est divisé en dix parties :

La première traite de la *fusion du verre ; emploi des matières premières :* primitivement la potasse provenant du lessivage des cendres de bois ; puis soude des varechs et successivement : sel de soude Leblanc ; sulfate de soude substitué au carbonate (Pelouze) et finalement mélange du sulfate au carbonate obtenu par le traitement des eaux ammoniacales. *Chauffage :* au bois, à la houille, au gaz ; étude des divers systèmes de gazogènes et de récupérateurs ; les conditions essentielles qu'ils doivent remplir et, enfin, essais de fusion du verre par l'électricité. Parmi tous ces systèmes, le meilleur, remarque l'auteur, est celui dont on sait le mieux se servir ; car, dans le choix, il faut tenir compte du prix et de la nature des combustibles, des matières premières et des marchandises fabriquées.

La deuxième partie est consacrée à la *production et à la manipulation du verre* : la fusion des glaces, leur travail mécanique, le polissage, le bizeautage, etc., etc., à retenir, entre autres, les chiffres comparatifs suivants, qui font bien ressortir l'importance des progrès réalisés :

En 1855, Saint-Gobain exposait une glace de 18 m^2.
En 1889, — 34 m^2.
En 1855, une glace de 4 m^2 coûtait 349 *f*,
et en 1889, — 139 *f*.

Dans l'intéressante monographie des produits *coulés et moulés*, du verre perforé, armé, on trouve la trace des travaux théoriques et pratiques de MM. L. Appert, Geneste et Herscher.

Puis, vient l'étude de la *Trempe du Verre ;* la théorie de M. Julien, classant les verres en silicates acides et silicates basiques suivant la proportion de leur teneur en silice. Verre-acier ; verre-fonte et, en résumé, quand un silicate neutre liquide tient en dissolution un excès de l'un de ses composants ; suivant l'énergie de la trempe et l'excès du composant, on obtient un verre transparent ou opaque, ou bien une poterie jouissant aussi de la transparence ou de l'opacité.

Dans la troisième partie, l'auteur traite des *Phares et des Verres d'optique ;* il rappelle les conditions du problème à résoudre pour l'établissement des phares, des projecteurs électriques, et expose toutes les difficultés que présente la fabrication des verres d'optique ; de nombreux dessins accompagnent le texte et le complètent, en retraçant tous les importants perfectionnements dont cette industrie a été l'objet (à citer : MM. Sautter-Harlé, Henry Lepaute, Barbier, Bénard et Mengin, en France).

La quatrième partie est relative *aux Bouteilles* : fours à creuset et fours à bassins, chauffés au gaz avec récupérateurs. M. Henrivaux donne une étude complète du procédé Boucher pour la fabrication mécanique des bouteilles, lequel a valu à l'inventeur les plus honorables récompenses. Ce procédé tend à se généraliser de plus en plus, au grand profit de l'industrie et surtout de l'hygiène des ouvriers, si compromise par le procédé du soufflage, à la bouche, dans une atmosphère surchauffée à 45° ou 50°.

Dans les cinquième et sixième parties, on passe successivement en revue : la taille et la gravure du cristal, les appareils de chimie pour laboratoires, les récipients en verre creux de plus grandes dimensions. Grâce au soufflage par l'air comprimé, dont MM. Appert furent les inventeurs, ces messieurs ont pu exposer, en 1900, une sphère de 1 *m* 65 de diamètre.

L'auteur décrit un procédé de fabrication dû à M. Sievert, de Dresde, qu'il a vu fonctionner à la Verrerie Sievert et Cie, à Deuben, lequel permet de produire des récipients de toute dimension depuis 1 m^3 et même plus jusqu'aux plus petites, obtenues jusqu'ici par le soufflage habituel. Selon lui, le problème de la fabrication mécanique par l'emploi de l'air comprimé et de la vapeur comprimée est aujourd'hui résolue pour toute une série d'objets.

Un chapitre très intéressant est consacré aux applications du verre à l'éclairage électrique et aussi à l'éclairage au gaz. MM. Houdaille et Triquet, à Choisy-le-Roi, ont, pour la fabrication des verres de lampes, découvert une composition dite verre sili-chromé, qui remplit toutes les conditions voulues : dureté, transparence, point de ramollissement très élevé, légèreté, élasticité, insensibilité aux variations brusques de température, etc. Avis aux lecteurs qui, par goût ou par nécessité, n'ont point adopté l'électricité : à Paris, plus de 40.000 becs à incandescence, munis de ces verres, sont en service.

La septième partie traite de l'analyse des gaz des fours, de la mesure des hautes températures et enfin de l'examen des défauts du verre.

La huitième partie s'adresse plus spécialement aux méditations des constructeurs et des architectes ; à en croire M. Henrivaux, « l'âge du verre est venu » ; la maison du xxe siècle sera à ossature métallique avec parquets en verre ; pierre céramique ; ciment et briques armées, au besoin émaillées sur les deux faces ; éclairage diurne des locaux sombres par la lumière du jour réfractée par le prisme ; pour la décoration intérieure : rideaux en verre ; glaces dépolies, le marbre remplacé par le verre imprimé, etc., etc. Cette idée de la maison de verre a fait l'objet de critiques sérieuses et plutôt bienveillantes dans la presse des deux mondes et nos fils verront-ils cette transformation de l'habitation ? Quoi qu'il en soit, les usages du verre se multiplient chaque jour et tendent à se développer ; où s'arrêtera ce développement ?

Il faut recommander la lecture du charmant article : *Au Pays du Rêve*, dû à la plume d'Armand Silvestre et qui termine cette huitième partie.

Il resterait encore beaucoup à dire sur les neuvième et dixième parties du volume, qui initient le lecteur à la verrerie artistique, à son histoire, à l'art de l'émail, à la verrerie d'art, dans laquelle la France compte tant d'artistes hors de pairs, et enfin qui éclairent sur l'état et les progrès de la verrerie à l'étranger, mais il faut savoir se borner et s'inspirer — bien qu'un peu tard — de ce conseil de Boileau, rappelé par M. Henrivaux :

> Tout ce qu'on dit de trop est fade et rebutant,
> Ne vous chargez jamais d'un détail inutile.

Paul Buquet.

Vᵉ SECTION

Électromoteurs (1). — Tome II. — Courants alternatifs et triphasés par G. Roessler.

Dans le Bulletin d'avril 1902, nous avons donné une analyse des électromoteurs à courant continu du même auteur et nous disions que cet ouvrage, résumé de leçons professées à l'École supérieure technique de Berlin, avait pour but de présenter à l'Ingénieur, qui a à utiliser les électromoteurs dans ses installations, les propriétés de ces derniers et d'en établir les principes d'une façon simple, mais cependant rigoureusement scientifique.

Ce but a été complètement atteint aussi bien dans le premier volume que dans le second, où la tâche était beaucoup plus difficile.

Après le premier chapitre, qui est consacré aux lois fondamentales des moteurs asynchrones à champ tournant, l'auteur aborde la production des champs tournants par la réunion de plusieurs champs alternatifs, puis il examine les enroulements pour champ alternatif.

Les chapitres IV et V traitent de la composition et de la mesure des courants alternatifs.

Dans les chapitres VI, VII et VIII, l'auteur étudie successivement les moteurs asynchrones triphasés, les moteurs asynchrones monophasés et les moteurs synchrones.

Enfin, le dernier chapitre est consacré au couplage en parallèle des machines à courants alternatifs et triphasés.

La traduction que nous présente M. Samitca ne laisse rien à désirer, et ceux de nos Collègues qui s'intéressent aux électromoteurs consulteront avec fruit l'ouvrage de M. Roessler.

G. Baignères

Manuel pratique du Monteur-Electricien
Par J. Laffargue *(Bibliothèque des Actualités industrielles)* (6ᵉ édition) (2).

La sixième édition du manuel de M. Laffargue marque une nouvelle étape dans la voie tracée par l'auteur depuis l'origine de cette publication. Les renseignements pratiques qui ont été ajoutés à ceux qui figuraient déjà dans les éditions précédentes, portent, spécialement, sur l'importante question des compteurs d'énergie électrique.

L'auteur donne la description des principaux types de compteurs employés en France.

M. Laffargue a développé, en général, les renseignements concernant la production et l'utilisation des courants alternatifs et, au sujet de ces derniers, en raison des utilisations de forces naturelles de plus en plus nombreuses aujourd'hui, il s'est étendu sur la question relative aux

(1) Vᵛᵉ Ch. Dunod, éditeur. Prix : 10 francs.

(2) In-16, 180 × 125 de VIII-1 012 p. avec 690 fig. et 5 pl. Paris, Bernard-Tignol, 1903, prix relié : 10 fr.

canalisations en dehors des villes. Il a aussi étudié plus longuement les applications calorifiques de l'énergie électrique.

En somme, le manuel reste, avant tout, un ouvrage simple où l'auteur a recherché des explications faciles, accessibles aux mécaniciens-électriciens, pour leur faire comprendre les éléments indispensables des appareils qu'ils manœuvrent tous les jours.

La multiplicité des applications de l'électricité dans toutes les branches de l'industrie, obligera les ouvriers de tous les corps d'état d'avoir, de plus en plus, des notions plus précises sur les appareils d'utilisation de l'énergie électrique.

Le manuel de M. Laffargue pourra les aider beaucoup à les acquérir.

H. Laurain.

Traité général et pratique des distributions et canalisations d'électricité, d'eau, de gaz acétylène et d'alcool, d'air comprimé, de vapeur, et chauffages divers. Tome I: *Électricité*, par E. Pacoret (1).

Ainsi que l'indique le titre ci-dessus, le volume « Électricité » fait partie d'une suite de cinq volumes se rapportant, tous, à l'étude des distributions destinées à assurer, soit des services publics dans les villes ou agglomérations, soit des services particuliers dans les usines ou les habitations.

L'auteur a tenu à coordonner toute une série de renseignements que la pratique courante lui a signalés comme indispensables. Il n'a pas développé, avec intention, les aperçus théoriques, mais il a voulu faire de son traité un ouvrage pratique avant tout, qui permît à tous d'y trouver les renseignements nécessaires pour l'étude et l'élaboration d'un projet ou d'un devis, ou bien encore pour l'exécution de travaux, ou bien aussi pour leur contrôle.

Le volume se termine par un chapitre très heureusement combiné, entièrement consacré à des applications numériques.

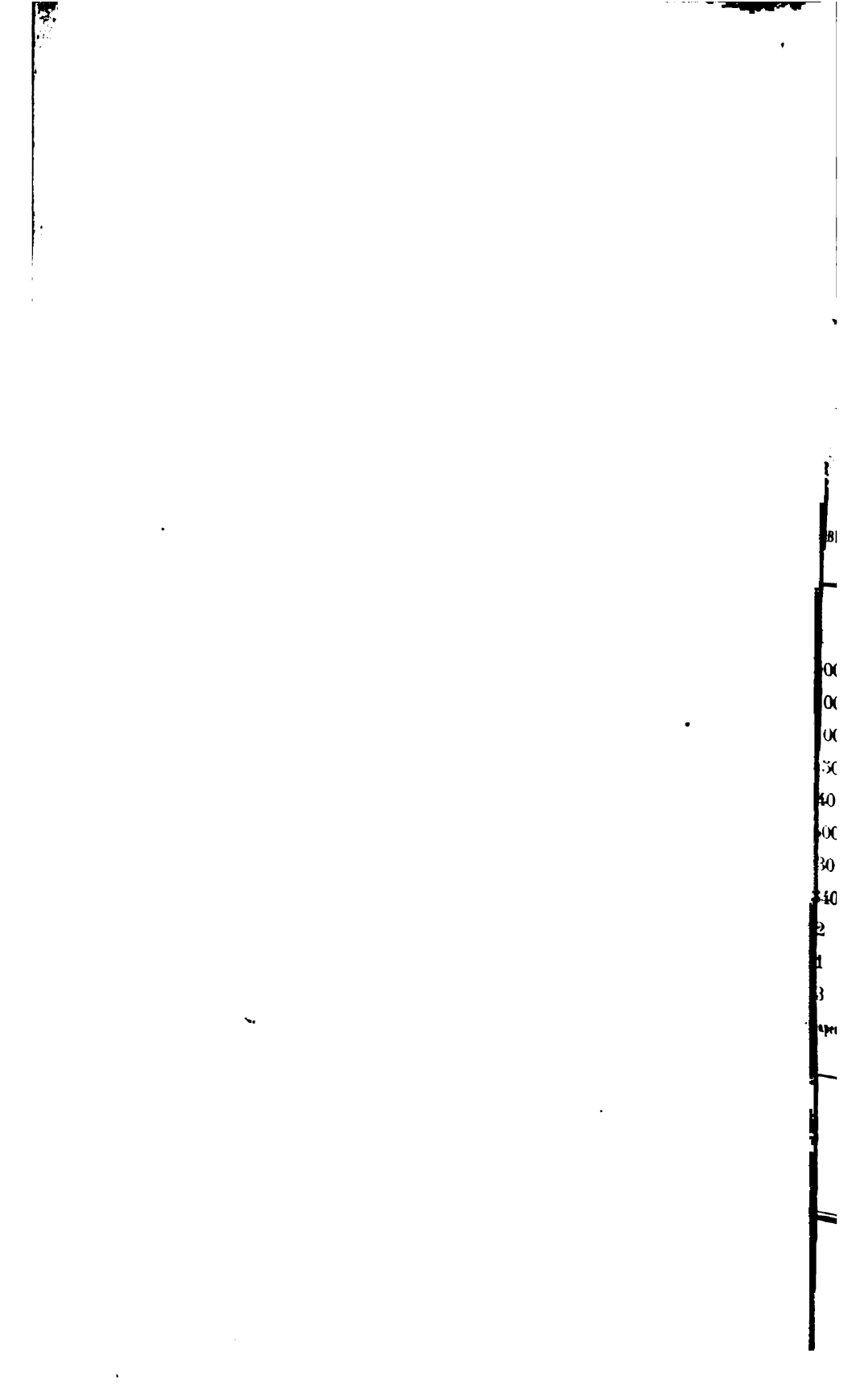
H. Laurain.

(1) Un vol. in-8°, 225 × 145, de 320 p. avec 129 fig. et 5 pl. Paris, J. Loubat et Cie. Prix : broché, 8 fr.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 8902-5-03. — (Encre Lorilleux).



IN

A TRIPLE EXPANSION

P A

A 4 CYLINDRES

OURG à IBERG	BORSIG à BERLIN	DUJARDIN à LILLE	RINGHOFFER à SMICHOW	SULZER à WINTHER-THUR	TOSI à LEGUANO
V 1	V	H	V	H	H
400 00	2 200	1 700	1 600	1 700	1 450
865 00	0,760	0,610	0,550	0,600	0,525
» 00	1,180	1,050	1,150	0,850	0,825
330 50	1,340	1,050	1,650	1,025	0,975
,36 40	6,20	5,95	4,50	5,84	6,92
100 00	1,200	1,650	0,900	1,500	1,200
,28 30	1,58	2,70	1,64	2,50	2,30
450 40	3,350	3,960	2,850	4,175	4,280
94 2	83,5	72	95	83,5	107
10 1	11	11	11	11	11
17 3	31	31	30	30	30
apes Corlis	Soupapes Collmann	Corliss	Soupapes Corliss	Soupapes	Soupapes

ripl

ssan

IMP. CHAIX. — 8900 bis-5-03.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MAI 1902

N° 5.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de mai 1903, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Ministère de l'Agriculture. Direction de l'Hydraulique agricole. Bulletin (annexe des Annales du Ministère de l'Agriculture). Documents officiels. Statistique. Rapports. Fascicule 28 (in-8°, 280 × 180 de 236 p. avec 5 pl.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 42670

Chemins de fer et Tramways.

Compagnie du Chemin de fer du Nord. Assemblée générale du 28 avril 1903. Rapport présenté par le Conseil d'administration (in-4°, 270 × 215 de 82 p.). Lille, L. Danel, 1903. 42661

Concession française de Shanghaï. Projet de tramways. Informations pour les soumissionnaires. Clauses et conditions générales. Cahier des charges (in-4°, 305 × 205 de 22 p. avec 2 pl). Shanghaï, Imprimerie de la Presse orientale (Don de M. J.-J. Chollot, M. de la S.). 42678

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1900. Documents divers. Première partie. Intérêt général. France, Algérie et Tunisie. Deuxième partie. Intérêt local et Tramways. France et Algérie (Ministère des Travaux publics. Direction des chemins de fer) (2 vol. in-4°, 300 × 230 de VI-400 p. et de VI-383 p.). Melun, Imprimerie administrative, 1902. 42662 et 42663

Chimie.

FABRE (C.). — *Aide-mémoire de photographie pour 1903.* Publié sous les auspices de la Société photographique de Toulouse, par C. Fabre. *Vingt-huitième année. Troisième série. Tome VIII.* (in-18, 150 × 95 de XVI-340 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1903 (Don de l'éditeur). 42650

Construction des machines.

DWELSHAUVERS-DERY (V.). — *Note sur la théorie des régulateurs des machines à vapeur*, par M. V. Dwelshauvers-Dery (in-4°, 315 × 225 de 28 p. avec 22 fig.) (Don de l'auteur, M. de la S.). 42656

FLIEGNER (A.), HOFFET (P.), MALLET (A.). — *Les distributions à changement de marche avec tiroir unique*, par Albert Fliegner. Traduit sur la 2e édition allemande, par Paul Hoffet. Avant-propos de A. Mallet (in-8°, 235 × 160 de XX-191 p. avec 7 planches lithographiées). Zurich, Schulthess et Cie, 1903 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 42676

SCHMIDT. — *Sécurité et économie réalisées par l'emploi des chaudières multitubulaires.* Lecture faite à l'Assemblée générale de la Société industrielle d'Amiens le 26 juin 1902, par M. Schmidt (Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise) (in-8°, 275 × 175 de 22 p.). Amiens, T. Jeunet, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42651

Économie politique et sociale.

Bulletin de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail. Année 1903. N° 15 (in-8°, 245 × 160 de 349 p.). Paris, au Siège de l'Association, 1903. 42685

CORTHELL (E.-L.). — *Argentine. Past, present and future.* A lecture by Elmer L. Corthell (in-8°, 230 × 150 de 64 p.). New-York, Bowne and C°. 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42674

RICHARD (A. DE). — *Qu'est la Roumanie? Situation économique et politique du pays* (in-8°, 245 × 160 de 128 p.). Roanne, Imprimerie M. Souchier, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42667

Statistique annuelle du mouvement de la population. Année 1901. Tome XXI (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du travail. Statistique générale de la France) (in-8°, 275 × 180 de CCII-87 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 42657

Électricité.

RAY (A.-C.). — *Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques (stations centrales). Constitution en Sociétés anonymes des Entreprises électriques*, par A.-C. Ray (ouvrage récompensé par une médaille d'or. Congrès du Syndicat professionnel des Usines d'électricité, 1902) (in-8°, 240 × 155 de VIII-340 p.). Lille, Imprimerie Lefebvre-Ducrocq, 1903 (Don du Syndicat professionnel des Usines d'électricité). 42690

Enseignement.

PILLET (F.-J.). — *Les Écoles régionales professionnelles*, par F.-J. Pillet (une brochure autographiée, 210 × 280 de 49 p.). Paris, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42664

Géologie et sciences naturelles diverses.

RICHARD (A. DE). — *La terre menacée. Plutonisme. Sismisme. Volcanisme. Les grandes catastrophes. Fin de la terre. Observations sismologiques et volcanologiques de l'année 1902. Saint-Pierre et Pompéi. Pouvait-on sauver la population de Saint-Pierre? Les responsabilités*, par A. de Richard (Extraits des manuscrits de la Genèse des tremblements de terre, des volcans, origine du pétrole) (in-8°, 250 × 165 de 236 p.). Paris, C. Bouquet et C^ie^. Saint-Amand, Em. Pivoteau et fils, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42668

Législation.

Annuaire des Comités et délégués de l'Alliance française, en France, dans les colonies et à l'étranger, 1902 (in-18, 180 × 115 de 419 p.). Paris, Siège social (Don de M. James H. Hyde). 42686

Société des anciens élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers. Annuaire des Sociétaires au 28 février 1903 (in-8, 215 × 140 de 552 p. avec un graphique). Paris, Chaix, 1903. 42652

Société internationale des Électriciens. Annuaire pour 1903 (Supplément au Bulletin mensuel, n° 24, 2^e^ série, avril 1903) (in-8°, 270 × 180 de 104 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1903. 42673

The Institution of Mechanical Engineers. List of Members. March 1903. Articles and By-Laws (in-8°, 215 × 140 de 218 p.). 42677

Métallurgie et Mines.

MIRON (F.). — *Gisements miniers. Stratigraphie et composition*, par François Miron (in-8°, 190 × 120, de 192 p.) (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire). Paris, Gauthier-Villars ; Masson et C^ie^, 1903 (Don de l'éditeur). 42649

MOISSONNIER (P.). — *L'aluminium. Ses propriétés. Ses applications. Historique. Minerais. Fabrication. Propriétés. Applications générales*, par P. Moissonnier (in-8°, 250 × 165, de xx-220 p. avec 21 fig. et un titre tiré sur aluminium). Paris, Gauthier-Villars, 1903 (Don de l'éditeur). 42648

OBALSKI (J.). — *Opérations minières dans la province de Québec pour l'année 1902, se rattachant au Rapport annuel du département pour l'année fiscale 1901-1902* (Département des Terres, Mines et Pêcheries) (in-8°, 250 × 170, de 49 p.) (Don de l'auteur). 42683

Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy. Eleventh Session. 1901-1902. Vol. X (in-8°, 215 × 140, de VII-482 p.). London. E. and F.-N. Spon. 42666

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

LÉVY-SALVADOR (P.). — *Utilisation des chutes d'eau pour la production de l'energie électrique. Application aux usages agricoles*, par Paul Lévy-Salvador (in-8°, 225 × 140, de 122 p. avec 46 fig.). Paris, Ch. Béranger, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42689

RICHARD (A. de). — *Pourquoi la sardine disparaît-elle des Côtes Bretonnes?* par A. de Richard (in-8°, 250 × 165, de 16 p.). Saint-Amand, Em. Pivoteau et fils, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42669

Société anonyme du Canal et des Installations maritimes de Bruxelles. Sixième exercice social. Année 1902. Rapport présenté par le Conseil d'administration (in-4°, 300 × 230, de 46 p. avec 3 pl.). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics, 1903. 42654

Physique.

DÉCOMBE (L.). — *La compressibilité des gaz réels*, par L. Décombe (Scientia. Série Physico-Mathématique n° 21, mai 1903) (in-8°, 200 × 130, de 99 p.). C. Naud, 1903 (Don de l'éditeur). 42665

GUILLAUME (Ch.-Ed.). — *La Convention du mètre et le Bureau international des poids et mesures*, par Ch.-Ed. Guillaume (Extrait du Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale. Tome CI) (in-4°, 280 × 225, de 238 p. avec 87 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1902 (Don de l'auteur). 42672

L'alcoométrie pondérale. Discussion, par la Commission de l'Alcoométrie pondérale de l'Association des Chimistes de sucrerie et de distillerie de France et des Colonies, du Rapport de M. Boverat à la Chambre de Commerce de Paris (in-8°, 240 × 155, de 31 p.). Paris, Association des Chimistes, 1903 (Don de l'Association des Chimistes). 42653

MAHLER (P.). — *Études sur les combustibles solides, liquides et gazeux. Mesure de leur pouvoir calorifique*, par P. Mahler (in-8°, 225 × 165, de x-95 p. avec 8 fig.). Paris, Ch. Béranger, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42684

Routes.

FERGUSON (T.). — *The Pedograph*, by T. Ferguson (The Shanghai Society of Engineers and Architects 1902-1903) (in-8°, 210 × 140, de 18 p. avec 1 pl.). Shanghai, N. C. Herald Office (Don de M. J.-J. Chollot, M. de la S.). 42688

Sciences Mathématiques.

OCAGNE (M.-d.). — *Exposé synthétique des principes fondamentaux de la nomographie*, par M. Maurice d'Ocagne (in-4°, 285 × 225, de 63 p. avec 31 fig.) (Extrait du Journal de l'École Polytechnique. Deuxième série. Cahier n° 8). Paris, Gauthier-Villars, 1903 (Don de l'auteur). 42680

Technologie générale.

JACQUEMART (P.) et BOIS (J.-F.). — *Notions de Technologie*, par P. Jacquemart et J.-F. Bois (Bibliothèque des Ecoles primaires supérieures et des Ecoles professionnelles) (in-18°, 180 × 110, de VII-686 p. avec 444 fig.). Paris, Ch. Delagrave (Don de l'éditeur et de l'auteur). 42675

LEDEBUR (A.) et HUMBERT (G.). — *Traité de Technologie mécanique métallurgique*, par A. Ledebur. Traduit sur la deuxième édition allemande, par G. Humbert (in-8°, 250 × 165, de VI-740 p. avec 729 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1903 (Don de l'éditeur). 42647

MÉRILLON (D.). — *Concours internationaux d'exercices physiques et des sports. Rapports publiés sous la direction de M. D. Mérillon. Tomes I et II* (2 vol. in-8°, 290 × 200, de 393 p. et de 427 p.) (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris). Paris, Imprimerie nationale, 1901, 1902 (Don de M. le Ministre du Commerce). 42681 et 42682

Rapports du Jury international. Groupe I. Éducation et enseignement. Deuxième partie. Classes 2 à 4 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 290 × 195, de 288 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42658

Rapports du Jury international. Groupe VI. Génie civil. Moyens de transport. Première partie. Classes 28 à 31 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 290 × 200, de 752 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42687

Rapports du Jury international. Groupe XIV. Industrie chimique. Première partie. Classe 87. Tome I (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195, de LXXXII-405 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42671

Rapports du Jury international. Groupe XIV. Industrie chimique. Deuxième partie. Classe 87. Tome II (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 290 × 195, de 445 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42679

Rapports du Jury international. Groupe XVI. Économie sociale. Hygiène. Assistance publique. Première partie. Classes 101 à 103 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 290 × 195, de 630 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42655

Travaux publics.

COURTOIS (G.). — *Hippodrome de Longchamp. Pavillon des balances. Façade principale et façade latérale* (2 héliogravures, 365 × 470). Schutzenberger (Don de l'auteur, M. de la S.). 42659 et 42660

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois de mai 1903, sont :

Comme Membre Honoraire, M. :

V.-A.-E. Dwelshauvers-Dery, présenté par MM. Bodin, Coiseau, Hillairet.

Comme Membres Sociétaires, MM. :

Ch.-A.-P. Combes, présenté par MM. Bodin, Armengaud jeune, Mardelèt.
J.-L.-G. Leflaive, — Duthu, Rey-Herme, Sokolowsky.
D. Murgue, — Bodin, Couriot, Hillairet.
L. Pagan, — de Faramond, Hérard, Pérard.
M.-L. Ratel, — Hocquart, Le Camus, Willems.
A. Schweitzer, — Lavezzari, Machavoine, Standaert.

Comme Membres Associés, MM. :

A.-H. Gauthier, présenté par MM. Bodin, Pinchart-Deny, Regnard.
A.-L. Janin, — Baudet, Bel, Vée.
E.-E. Lionne, — Bodin, Fribourg, Jablin-Gonnet.
J.-E. Navet, — Bourdonnay, Provost, Scheuter.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1903

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 1er MAI 1903

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître à la Société le décès de:

M. Louis-Hippolyte Féret, Membre de la Société depuis 1897, attaché au Service des Travaux sanitaires de la Ville de Paris ;

M. Charles Parmentier, Membre de la Société depuis 1902, Directeur des Ateliers de la Dyle ;

M. Alphonse-Marie-Joseph Guéguen, Membre de la Société depuis 1886, Directeur et Constructeur d'usines à gaz, Rédacteur en chef du *Journal de l'Éclairage au gaz*.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues les sentiments de condoléances de la Société tout entière.

M. LE PRÉSIDENT a, par contre, le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Officier de l'Instruction publique, M. L.-J.-H. Chevalier.

Officiers d'Académie, MM. L. March et F. Journet.

Chevalier du Mérite agricole, M. H. Silvestre.

M. Ch. Compère a été nommé Secrétaire général du Département des Machines à l'Exposition de Saint-Louis.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société tout entière.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un des prochains Bulletins.

Parmi ces ouvrages se trouve *la Convention du mètre et le Bureau international des Poids et Mesures*, par M. Ch. Ed. Guillaume, travail des plus intéressants et que son auteur vient de remettre à M. le Président. Ce dernier remercie vivement M. Guillaume.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que M. Ch. Lallemand, Ingénieur en chef des Mines, Directeur du Nivellement général de la France, membre du Bureau National des Poids et Mesures, a bien voulu consentir à nous faire ce soir une communication sur *l'Adoption du Système métrique aux États-Unis*.

M. le Président est heureux de remercier M. Lallemand, ainsi que les nombreux invités qui ont bien voulu également accepter de venir prendre part ce soir à nos travaux.

Prennent place au Bureau : M. F. Kimbel, ancien président; M. Greene, vice-président de la Chambre de Commerce américaine de Paris; M. Mascart, directeur du Bureau central météorologique, membre de l'Institut; M. Cheysson, membre de l'Institut; M. Sauvage, Ingénieur en chef des Mines.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. F. Kimbel, qui prononce l'allocution suivante :

MONSIEUR LE PRÉSIDENT, MESSIEURS,

Mes Collègues de la Chambre de Commerce Américaine m'ont fait l'honneur de me demander d'adresser quelques paroles à votre très honorable Compagnie pour expliquer notre attitude en ce qui concerne l'adoption du système métrique en discussion aux États-Unis.

Une réforme de cette importance ne peut se faire sans provoquer, dans certains milieux, une grande opposition. Dans l'état actuel de la question aux États-Unis, et quoique le sentiment général soit assez en faveur de cette réforme, nous sommes surpris de rencontrer des adversaires dans un milieu où nous, négociants, ne nous doutions pas devoir trouver une résistance. Nous voulons parler d'un milieu essentiellement technique, tel que des ingénieurs mécaniciens, dont la corporation, réunie à New-York, à la suite d'un rapport présenté par M. Halsey, a renvoyé la question à une date indéterminée.

Par contre, dans les cercles gouvernementaux, nous sommes heureux de constater l'esprit sincèrement bienveillant qui guide les hommes compétents chargés de faire aboutir ce projet, c'est-à dire de faire entrer le système métrique dans le domaine pratique.

A plusieurs reprises déjà, notre Chambre a été invitée par des administrations de caractères différents dans notre pays, à faire des recherches en France, en vue d'arriver à élucider certains points servant de moyens d'action pour combattre ce système.

Notre Commission, Commerce et Transports, a été amenée de la sorte à saisir votre Bureau de ces questions, parce qu'il lui a semblé et il nous semble, en effet, que la Société des Ingénieurs Civils pouvait, en ce qui concerne le système métrique en général, son fonctionnement dans l'intérieur de la France et aussi dans les rapports entre la France et certains pays étrangers, émettre des opinions ayant une très grande

autorité en face de l'opposition suscitée aux États-Unis et qu'il s'agit pour nous de vaincre.

On ne peut, en effet, imaginer une société d'hommes plus compétents en la matière que les membres de votre honorable Compagnie, et ce, autant à un point de vue scientifique et technique que commercial. Nous vous sommes donc particulièrement reconnaissants, à vous, Monsieur le Président, et aux Membres de la Société des Ingénieurs Civils, d'avoir bien voulu aborder cette question, d'un si haut intérêt pour nous, Américains, et d'un non moins grand intérêt pour vous, Messieurs, dans les rapports de votre pays avec le nôtre.

D'autre part, la Chambre de Commerce Américaine, dans un esprit d'équité, a voulu que le problème soit examiné sous toutes ses faces: elle tient cependant, dès maintenant, à faire connaître sa pleine adhésion au système métrique.

Dans nos délibérations intérieures, nous avons rencontré parmi nous une presque unanimité d'opinion, quant à l'utilité, nous dirons même, à la nécessité de l'adoption à très bref délai d'une mesure tout à l'avantage de notre pays, puisque, par le fait même de son adoption, nous deviendrions membres d'une famille, déjà grande, de nations pour lesquelles le système métrique est devenu un trait d'union de tout premier ordre dans leurs relations réciproques, scientifiques et commerciales.

Pour nous, négociants, à part les avantages que peut offrir le système métrique, comme tel, ce que nous recherchons, c'est, avant tout, l'unité de base pour nos transactions internationales.

Nous espérons qu'à côté des observations qui seront présentées ce soir par des hommes éminemment compétents, il vous plaira d'examiner le questionnaire, tout de théorie, que nous avons eu l'honneur de vous faire parvenir et de nous fournir ainsi le moyen de répondre nous-mêmes, avec une autorité qui s'autorise de la vôtre, à tous les points soumis à notre propre examen.

Je tiens à répéter ici que le questionnaire dont il s'agit ne devra en rien vous faire préjuger des sentiments de la Chambre de Commerce Américaine de Paris, puisque ces sentiments sont, d'ores et déjà, acquis au système métrique.

La seule raison, d'ailleurs, qui m'ait fait prendre la liberté de demander la parole, c'est précisément pour bien établir d'avance la position prise par nous.

M. le Président remercie M. F. Kimbel d'avoir ainsi expliqué les raisons qui ont fait demander à la Chambre Américaine une Conférence de notre Société sur le « Système Métrique ».

M. Ch. Lallemand, a la parole :

M. Ch. Lallemand rappelle que l'un des premiers besoins de l'homme a été de comparer, au point de vue de leur grandeur, les objets qui l'entouraient; il lui a fallu, pour cela, rapporter chacun d'eux à une commune mesure, d'une grandeur appropriée à celle de ces objets, de manière que le rapport s'exprimât par un nombre simple, ni trop grand, ni trop petit.

D'autre part, il fallait pouvoir, toujours et en tous lieux, retrouver facilement l'étalon ; ce qui a conduit l'homme à prendre cet étalon sur lui-même et dans les dimensions de son propre corps *(toise, brasse, aune, coudée, pied, pouce)*. Il a fallu ensuite établir des rapports fixes entre ces unités disparates.

Mais la grandeur de l'étalon variait encore de province à province et quelquefois même de cité à cité ; de plus, il n'existait parfois aucune relation simple entre les unités de volume et celles de capacité.

Pour supprimer ce chaos, la Convention décréta l'établissement d'un nouveau système dans lequel, pour chaque espèce de mesures, on trouverait une série croissante d'unités, dont les rapports entre elles seraient tous des puissances entières, positives ou négatives, du chiffre 10, base de la numération décimale, et dont les noms seraient invariablement formés de celui de l'unité fondamentale correspondante *(mètre, litre, gramme...)* muni d'une préfixe *(myria, kilo, hecto, déca, déci, centi, milli)* indiquant le rapport avec cette unité fondamentale. — De cette manière, quelle que fût l'unité choisie, la grandeur à mesurer serait toujours exprimée par un même nombre, où, seule, la place de la virgule changerait.

D'autre part, afin de simplifier le plus possible les calculs, on prendrait comme unités fondamentales de superficie et de volume respectivement le carré et le cube de l'unité de longueur, et l'unité de poids serait le poids de l'unité de volume de la substance la plus facile à se procurer en tous lieux, dans les mêmes conditions, c'est-à-dire l'eau, à son maximum de condensation (4° C de température).

Restait à fixer l'unité de longueur — le *mètre*. Pour lui donner un caractère extrêmement international, on décida de prendre une fraction déterminée du méridien terrestre, et afin de pouvoir exprimer par un même nombre, à la place de la virgule près, la distance de deux points de la surface de la terre et l'angle de leurs verticales, rapporté au quadrant pris comme unité et représenté par 100 grades, on adopta comme unité de longueur le quart du méridien ou plutôt un sous-multiple décimal, le dix-millionième, de cette quantité.

En réalité la concordance du mètre et celle de l'unité de poids avec leur définition théorique ne sont pas absolument rigoureuses, mais la différence (0^{mm} 2 pour le mètre) est tout à fait négligeable pour les usages pratiques.

Les énormes simplifications apportées dans les calculs par le système métrique l'ont fait adopter par la majeure partie des peuples civilisés ; ceux même où son emploi n'est pas encore obligatoire (États-Unis, Russie, Angleterre, Japon) s'en servent pour la définition de leurs étalons et ont adhéré à la convention internationale du mètre dont l'organe est le bureau international des Poids et Mesures, installé à Sèvres et remarquablement dirigé par MM. Benoit et Guillaume.

La coexistence chez nous de quelques-unes des anciennes mesures à côté des nouvelles n'a pas plus d'importance réelle que la survivance des patois dans les campagnes à côté de la langue française. Le système métrique est seul enseigné dans les écoles et seul employé dans les documents officiels et les actes publics.

La division décimale des angles se substitue lentement, mais sûrement, à la subdivision sexagésimale dans les services publics ; la marine, sous la direction du commandant Guyou, de l'Institut, et sous les auspices du Bureau des Longitudes, a fait, à cet égard, des essais prolongés qui démontrent nettement les avantages de la division du cercle en 400 grades. Seule, l'astronomie, liée par ses traditions et par le maintien forcé de la division du jour en vingt-quatre heures, paraît devoir conserver quelque temps encore l'ancienne division en 360 degrés.

Pour reconnaître l'énorme supériorité du système métrique, il suffit d'examiner le système anglais avec ses rapports disparates entre les diverses unités :

LONGUEURS		SUPERFICIES		CAPACITÉS		POIDS	
UNITÉS	Rapports successifs	UNITÉS	Rapports successifs	UNITÉS	Rapports successifs	UNITÉS	Rapports successifs
Mille terrestre. .	8	Acre	4	Chaldron . .	4 1/2	Ton.	20
Furlong. . .	40	Rood	40	Quarter. . .	2 2/3	Hundredweight. .	4
Perch. . . .	2 3/4	Rod.	30 1/4	Sack	3	Quarter. . .	28
Fathom (brasse)	2	Yard carré. .	9	Buschel . . .	4	Livre avoirdupois.	16
Yard (0m 914).	3	Pied carré. .	144	Peck	2	Once	16
Foot (pied) . .	12	Pouce carré .		Gallon. . . .	4	Drachme . .	27 11/32
Inch (pouce). .	3			Quart	2	Grain. . . .	
Barleycorn. .				Pint (34,68 pouces-cubes)			

En outre, les pharmaciens, les marchands d'or et d'argent, emploient *l'once troy* qui diffère d'environ 1/10 de l'once avoirdupois et se divise en 20 pennyweight de chacun 24 grains.

Avec un pareil système, le moindre calcul exige plusieurs opérations parasites : tranformations d'unités, avec emploi de tables ou de nombreux coefficients hétérogènes et difficiles à retenir.

Ce serait, d'autre part, une erreur de croire que, parce qu'ils ont la même unité de longueur — *le pied* — les États-Unis emploient le même système de mesures que les Anglais.

La tonne, en Amérique, est généralement de 2000 livres, au lieu de 2240 en Angleterre.

Le gallon américain n'est que les 5/6 du gallon anglais.

De plus, l'irrésistible besoin d'harmonie entre le système d'unités et le système de numération a conduit les États-Unis à décimaliser leur monnaie avec le *dollar* et son centième, le *cent* ; les mesures de longueur pour l'arpentage, avec le *ruban de 100 pieds*, divisé en fractions de chacune 10 pieds, chaque pied étant lui-même subdivisé en dixièmes.

Dans la construction mécanique, on ne compte plus, comme autrefois, par demi, quarts, huitièmes, seizièmes..., cent vingt-huitièmes de pouce, mais par dixièmes, centièmes, millièmes, dix-millièmes de pouce, etc.

L'adoption finale du système métrique dans les deux pays n'est donc

pas douteuse ; déjà d'ailleurs, en 1860, l'Association Britannique pour l'avancement des Sciences, voulant créer un système d'unités pour l'industrie électrique alors naissante, n'a rien trouvé de mieux que de le tirer du système métrique.

Complété et perfectionné sur certains points, ce nouveau système est universellement connu et adopté aujourd'hui sous le nom de système *CGS*, du nom de ses trois unités fondamentales : le centimètre, le gramme et la seconde de temps.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Lallemand de sa très intéressante communication, et donne la parole à M. Simon.

M. Ed. SIMON réfute certains passages du Mémoire de M. Halsey, qui tendraient à laisser croire que le défaut d'unification du numérotage des fils résulte de difficultés inhérentes aux mesures métriques décimales.

Il rappelle, tout d'abord, par la lecture de quelques extraits d'une note lue à la *Conférence générale des poids et mesures réunie à Sèvres en 1901*, que, dès 1810, l'idée du numérotage *kilogrammétrique* des fils était émise et qu'elle fut adoptée aux différents Congrès qui suivirent, à Vienne en 1873, à Bruxelles en 1874, à Turin en 1875, et à Paris en 1878 et en 1900. Ces différents Congrès ont, en effet, repris pour bases de l'unification le mètre et le gramme, ou leurs multiples.

Il cite certaines objections de M. Halsey, qui voudrait prouver que le système de numérotage anglais tient la tête dans la plupart des textiles, et reproche, en particulier, aux systèmes allemand et français leur confusion et leur complexité. M. Simon montre, par des exemples nets et probants, combien la multiplicité des systèmes anglais rend, au contraire, complexe le numérotage des fils, et dit qu'en réalité le commerce britannique emploie plus de méthodes de numérotage que de matières textiles.

M. Simon expose que, si, dans notre pays, l'unification souhaitée n'est pas encore réalisée, cela est dû, d'une part, pour la consommation intérieure, à certaines habitudes locales, d'autre part, pour le commerce international, à ce que, l'Angleterre étant prépondérante sur le marché des fils et tissus, les filateurs français sont obligés de conserver le numérotage anglais tant que le numérotage kilogrammétrique n'aura pas force de loi en Angleterre.

M. Simon estime qu'une réaction favorable au système métrique se manifeste et grandit en Angleterre. Et il cite à l'appui l'existence de la *Decimal Association*, à laquelle adhère chaque année un nombre croissant de membres du Parlement.

Il conclut en disant que le système métrique tend à s'établir de plus en plus en France et à l'Étranger, et que le retard apporté à l'unification générale n'est nullement imputable au système des poids et mesures français.

M. Ed. SAUVAGE, Ingénieur en chef des Mines, a la parole.

M. Ed. SAUVAGE dit que le système international de filetage est un bon exemple de l'application des mesures métriques aux constructions mécaniques. Pendant longtemps, les vis, employées en si grand nombre

dans les machines et dans les charpentes métalliques, étaient tracés sans règles générales, chaque constructeur employant des types différents, mal définis le plus souvent. Le système anglais de Whitworth, dont les dimensions ont le pouce pour base, avait trouvé des applications assez nombreuses sur le continent européen, souvent avec certaines déformations.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale entreprit de remédier à ce désordre en France et, à la suite d'une étude approfondie, elle traça en 1894 les règles du système français qui fut rapidement adopté par la Marine de l'État et par plusieurs Compagnies de chemins de fer.

Mais l'intérêt de la question éveilla l'attention des ingénieurs de tous les pays faisant usage du système métrique hors de France. L'Union des Industriels suisses prit en main la question et provoqua la réunion à Zurich, en 1898, d'un Congrès d'ingénieurs et de délégués d'Associations techniques de toute l'Europe. Ce Congrès traça les règles du système international.

Ce système diffère en réalité fort peu du système français ; la forme du filet est la même ; seuls, aux diamètres de 8 et 9 *mm* et de 12 *mm* correspondent des pas différents (1,25 *mm* et 1,75 *mm*, au lieu de 1 *mm* et 1,5 *mm*) ; en outre, la série normale des vis principales, dont on recommande l'emploi de préférence aux vis d'autres diamètres, est différente dans les deux systèmes ; la série du S. I., plus étendue, correspond mieux aux besoins de l'industrie.

Le profil du filet est exactement celui qui a été adopté pour le système Sellert, en usage aux États-Unis (à base de pouce) ; ce fait paraît de nature à faciliter, le cas échéant, la substitution du S. I. au système Sellert.

Les administrations françaises, qui avaient déjà adopté le S. F., n'hésitèrent pas à faire les corrections nécessaires pour y substituer le S. I., qui se répandit rapidement dans un grand nombre d'établissements. En France, il est en usage dans les constructions de la Marine, de toutes les grandes administrations de chemins de fer, d'ateliers comme ceux de MM. Schneider et Cie au Creusot, de la Compagnie de Fives-Lille, etc.

Il est clair que cette substitution d'un système de vis nouveau aux systèmes anciens en usage ne va pas sans complication et sans dépenses. Tout le matériel de fabrication et de vérification doit être remplacé ; de plus, pendant une certaine période, il faut des approvisionnements de pièces des deux systèmes en usage. Les Ingénieurs français, en ne s'arrêtant pas à ces petites difficultés pratiques et en adoptant résolument ce système, dont les avantages les avaient frappés, ont donné un bel exemple de décision et d'amour du progrès. Nous sommes habitués à considérer que les Américains ne s'arrêtent pas aux mêmes obstacles et marchent résolument en avant quand ils voient un progrès à réaliser ; nous constatons que notre pays sait aussi donner, à l'occasion, une telle marque de vitalité et d'énergie et que, dans l'espèce, il a montré à nos amis d'Amérique comment il fallait procéder en matière d'application des mesures métriques.

M. le Président, après avoir rappelé que M. Sauvage est l'auteur de la question qu'il vient de traiter, et, après l'avoir remercié de son exposé si clair donne la parole à M. Soreau.

M. R. Soreau dit qu'il a reçu, le matin même, copie des objections faites à la Chambre de Commerce américaine au sujet de l'adoption du système métrique. Dans sa très remarquable conférence, M. Lallemand a répondu à nombre d'entre elles, avec toute l'autorité qui s'attache à ses travaux et à ses fonctions; mais il en est d'autres qu'il a dû passer sous silence.

Ainsi, on demande d'abord si le mètre est bien rigoureusement la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre, ou s'il n'est pas, au contraire, une longueur empirique, qu'on ne pourrait reproduire dans le cas où l'étalon serait perdu. Il y a une question analogue pour le gramme.

Il est exact que la précision actuelle des appareils de mesure a permis de constater que la dix-millionième partie du quart du méridien à 19/100 de millimètre de plus que le mètre étalon. Fallait-il, pour cela, changer la longueur de l'étalon légal? Une semblable idée n'est venue à personne, car ce serait prendre comme base une quantité variable avec les progrès, ce serait sacrifier l'invariabilité, caractère nécessaire de tout système rationnel. Aussi, lorsque la célèbre Conférence diplomatique du mètre eut institué à Paris le Bureau international des Poids et Mesures, celui-ci prit-il pour première tâche de créer, pour le mètre et le kilogramme, un prototype international et un certain nombre de copies, dites mètres et kilogrammes nationaux, pour les nombreux États contractants. La construction de ces copies, en platine à 10 0/0 d'iridium, fut confiée, en 1882, à la maison Johnson, Mathey and C°; chacune d'elles possède une équation de correction propre, dont l'étude, longue et délicate, fut entreprise par les savants du Bureau international, entre autres par nos Collègues MM. Benoit et Guillaume: par rapport aux prototypes internationaux, ces équations sont renfermées dans la limite de 1/100 de millimètre pour le mètre, avec une erreur probable ne dépassant pas 2/10000 de millimètre; et dans la limite de 1 *mg* pour le kilogramme, avec une erreur probable ne dépassant pas 5/1000 de milligramme.

Par conséquent, ces copies pourraient remplacer les étalons au cas où ceux-ci seraient perdus. Mais, à ce point de vue, on a repris une ancienne proposition de Clerk Maxwell, en cherchant à rapporter le mètre à un remarquable témoin naturel, la longueur d'onde de certaines radiations lumineuses. Depuis longtemps, en effet, on a émis la crainte que la contraction graduelle du globe terrestre modifiât la longueur du méridien, ou que les changements moléculaires pussent altérer la longueur d'une barre métallique, si soignée qu'elle fût; au contraire, la longueur d'onde paraît devoir être plus immuable, car elle ne dépend que de l'élasticité de l'éther. Comme le disait ici même M. René Benoît (procès-verbal de la séance du 17 mai 1901), ce travail a été exécuté suivant la méthode et avec la collaboration effective du professeur Michelson, de Chicago, ce qui prouve, en passant, que les grands

savants américains sont loin de se montrer hostiles au système métrique.

Tant de précautions peuvent paraître exagérées, et, de fait, il est probable qu'on n'aurait pas poussé aussi loin le souci de la recherche de l'absolu si on s'était placé seulement au point de vue des besoins commerciaux, qui intéressent plus particulièrement la Chambre de Commerce américaine. Mais d'autres applications exigent une rigueur aussi grande que possible : ainsi, il est bien évident que les observations astronomiques faites de nos jours doivent, pour être utilisées avec profit dans plusieurs siècles, être relatées dans un système de mesures étalonnées avec un soin rigoureux.

Parmi les autres questions transmises par la Chambre américaine figure celle-ci : « les arcs du méridien ne diffèrent-ils pas de longueur aux différents points du globe? » Même si elle était fondée, l'objection n'aurait pas de valeur, puisque le mètre n'est rattaché, en quelque sorte, qu'historiquement à la longueur des méridiens terrestres. En fait, dit H. Faye dans son cours de l'École polytechnique, l'idée de l'ellipsoïde terrestre de révolution à méridiens égaux, contestée pendant une quarantaine d'années, « est aujourd'hui définitivement confirmée par les mesures géodésiques exécutées dans le cours du XIXe siècle sur une échelle immense ». Il s'agit, bien entendu, du sphéroïde formé par la surface des mers supposée prolongée.

L'assertion d'après laquelle on abandonnerait en France la division du quadrant en grades pour maintenir la division sexagésimale est tout à fait contraire à la réalité.

Dans une autre question, on demande si, au cas où l'on trouverait un meilleur système de poids et mesures que le système métrique, la France abandonnerait volontiers le système qu'elle possède, et imposerait légalement le nouveau système préconisé, en présence des perturbations profondes et de l'immense perte de capitaux qu'entrainerait ce changement? Tout d'abord, le système métrique tire une notable partie de ses avantages de sa juxtaposition au système décimal, et tout autre système plus parfait aurait nécessairement ce point de contact avec lui. Il n'y a donc aucune analogie avec le changement qu'on imagine, qui ne pourrait être qu'un perfectionnement de détail, et celui dont il est question aujourd'hui, qui est un changement radical, nécessité par les graves imperfections du système britannique. Aussi le système métrique, bien que de création relativement récente, est-il obligatoire dans des pays comprenant une population totale d'environ 300 millions d'habitants, et facultatif dans des pays comprenant une population à peu près égale. Devant ces chiffres, l'argument d'après lequel le système britannique doit devenir universel, sous prétexte que la race anglo-saxonne est plus répandue que la race latine, se retourne donc contre ses propres auteurs. L'argument tiré de la plus grande force d'expansion de la première race n'est pas mieux justifié, car nombre de savants américains sont favorables au système métrique, et, comme le faisait judicieusement remarquer M. Sauvage, ce ne sont probablement pas les industriels qui feront le plus d'opposition, mais bien (en dehors de quelques irréductibles), les gens du peuple, les boutiquiers, etc., contre l'inertie desquels le système métrique a dû lutter aussi dans son pays d'origine. Pour tout

esprit impartial, il n'est pas douteux que ce système ne s'impose universellement ; son adoption n'est-elle pas, du reste, facilitée par l'idée grandiose des hommes de la Convention, qui, en rapportant la base du système à la longueur d'un grand cercle de la terre, ont semblé vouloir, par avance, aplanir toute difficulté d'amour-propre de race ou de nation?

M. Mascart, membre de l'Institut, fait également quelques remarques au sujet de ce même questionnaire; à la première question (le mètre est-il rigoureusement la quarante-millionième partie du méridien terrestre), il répond que la question a été réglée depuis longtemps, et qu'elle ne présente aucun intérêt pratique. Le mètre est aujourd'hui la distance comprise entre les repères tracés sur le morceau de platine irradié déposé au Bureau international des Poids et Mesures.

Quant aux moyens de retrouver le mètre, si l'étalon était perdu ainsi que toutes ses copies, M. Mascart montre qu'ils existent, grâce aux expériences d'un Américain, M. Michelson, qui a rapporté la longueur du mètre à la distance des ondulations lumineuses ; avec le simple manuscrit de M. Michelson, on pourrait reconstituer le mètre au micron près.

La nation américaine est peut-être celle qui a le plus contribué et contribuera le plus à la propagation du système métrique. D'une part, ce système a été adopté par le service géodésique des États-Unis; d'autre part, il est impossible, même au partisan le plus obstiné des anciennes mesures, de faire les calculs touchant à l'électricité autrement qu'au moyen du système métrique. D'ailleurs, aux calculs de dynamos viennent souvent s'adjoindre des calculs de machines à vapeur et autres, pour lesquels on sera nécessairement entraîné à employer le même système de mesures. C'est ainsi, par l'électricité, que le système métrique s'imposera dans le monde entier.

M. le Président remercie M. Mascart de ses explications.

M. P. Chalon désire répondre à quelques points de l'allocution de M. Kimbel. Il réfute, avec insistance, l'objection faite par les Américains à l'adoption du système métrique, s'appuyant sur une prétendue existence simultanée des mesures métriques et des mesures anciennes en France. Il dit que cette objection, qui a fait une très grande impression aux États-Unis et que les ennemis du système métrique se sont empressés de propager par la presse, est inexacte et même ridicule. Il démontre, par de nombreux exemples, que les appellations anciennes conservées en France ne sont pas des mesures anciennes; ce sont des expressions populaires, devenues coutumières, pour désigner certaines divisions métriques et décimales.

M. E. Hospitalier désire simplement présenter quelques observations à propos de la lutte qui paraît s'engager entre le système métrique et le système anglais, que nous voudrions voir disparaître. Ce ne sera, à son avis, ni le système métrique, ni le système anglais qui triomphera dans l'avenir : ce sera le système C. G. S., qui lui paraît être le seul rationnel et cohérent. Déjà, en ce qui concerne les mesures électriques, ce système est reconnu légalement en France, en Allemagne, en Angleterre et aux États-Unis. C'est un premier pas dans la voie d'une victoire définitive du C. G. S.

M. Hospitalier fait ensuite remarquer que, en dehors du système métrique, on a l'habitude d'employer, dans certains calculs, des mesures qui les compliquent quelquefois. Il cite comme exemple le poids de l'atmosphère considéré comme unité de pression pour les chaudières, le centimètre de mercure pour le vide des condenseurs et le centimètre d'eau comme unité de pression des gaziers. Tel est également le cheval-vapeur, dérivé du système anglais.

Il est d'avis qu'il serait plus pratique d'adopter pour ces différents calculs une seule unité de masse, une seule unité de pression, etc., comme cela a lieu dans le système C. G. S.

M. Ch.-Ed. Guillaume parle de l'extension progressive du système métrique, opposée à celle du système britannique. Tandis que quelques auteurs, se basant sur la grande puissance d'expansion de la race anglo-saxonne, pensent que son système de poids et mesures s'imposera un jour au monde civilisé tout entier, les enseignements de l'histoire nous conduisent à une conclusion exactement contraire. Ainsi, un ukase du 11 octobre 1835 établissait, comme base des mesures russes, la sagène de 7 pieds anglais, et le commentateur de la loi, Kupffer, tout en rendant hommage à la perfection du système métrique, affirmait que son adoption générale était une utopie. A cette époque, ce système était légal seulement en France (où même le décret de 1812 l'avait complètement déformé), dans les Etats qui avaient constitué ensemble les Pays-Bas, dans le Royaume lombardo-vénitien et dans le Royaume des Deux-Siciles. Aujourd'hui, il est obligatoire, en Europe, dans les États suivants : Espagne, Portugal, France, Belgique, Hollande, Luxembourg, Italie, Suisse, Allemagne, Autriche, Hongrie, Serbie, Bulgarie, Roumanie, Suède et Norvège; hors d'Europe, dans les colonies françaises, en Tunisie, au Mexique, au Brésil, au Chili, au Pérou, dans la République argentine et dans plusieurs autres pays de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Sud; il est aussi obligatoire en Égypte dans les transactions avec le gouvernement. Le système métrique est facultatif dans le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande, en Turquie, en Grèce, en Russie, au Japon, aux États-Unis. Au Danemark, sans être encore légal, il est employé dans toutes les statistiques officielles.

En revanche, on observe, dans le système britannique, une sorte de désagrégation, marquée par une différence dans certaines définitions, actuellement légales, dans le Royaume-Uni et aux États-Unis; quant à la Russie, elle a adopté l'archine, égale à un tiers de sagène, dont la valeur est définie par un rapport numérique aux étalons métriques.

Passant à la discussion des questions spécialement posées, M. Guillaume fait observer que les questions 1 et 3 n'ont pas de sens, puisqu'une quantité déterminée par une expérience ne peut jamais être *rigoureusement* égale à sa définition. Deux quantités sont *pratiquement* égales lorsque, au degré de précision des mesures servant à les comparer, leur différence n'est pas apparente; l'égalité ou l'inégalité dépend donc uniquement de la sensibilité des méthodes de contrôle, mais la rigoureuse égalité ne peut jamais être affirmée. Ainsi, on a pu

dire avec raison que la valeur des mètres prototypes livrés aux États par le Bureau international des Poids et mesures est connue à 2 dixièmes de micron près. Pour toutes les mesures dont la précision n'atteint pas le micron, on peut considérer ces prototypes comme rigoureusement bien déterminés; mais, si l'on parvenait à mesurer avec une parfaite sécurité le dixième ou le centième de micron à toutes les températures usuelles, les erreurs réelles dans leurs équations deviendraient apparentes.

Pour le kilogramme, les déterminations faites par Lefèvre-Gineau et Fabbroni ont atteint une précision remarquable, et il a fallu un labeur de plusieurs années pour déterminer, au Bureau international, la valeur approchée de l'erreur commise dans la construction du premier kilogramme en partant de sa définition. Le décimètre cube d'eau à 4° pèse un peu moins de 1 *kg*; mais il suffit de le soumettre à une pression additionnelle comprise entre 1/2 et 1 *atm* pour que sa masse devienne égale à celle du kilogramme. Pour l'immense majorité des applications, on peut considérer le kilogramme comme conforme à sa première définition et, pour le très petit nombre de celles dans lesquelles il est nécessaire de connaître plus exactement la masse spécifique de l'eau, on améliorera le résultat par une très petite correction.

A la huitième question, M. Guillaume répond que le *kilomètre à l'heure* deviendra l'unité naturelle de vitesse qui se substituera au nœud lorsque la division décimale du quart de cercle aura prévalu dans les calculs des marins. Le nœud actuel est fondé sur la minute sexagésimale.

Au sujet de la question 29, il fait observer enfin que l'introduction du système métrique est infiniment plus facile aujourd'hui qu'au moment de sa création. Au début, la France était entièrement entourée d'États possédant d'autres systèmes, et tout était à créer. Aujourd'hui, les situations sont exactement renversées; le système métrique est complètement organisé, et il enserre de toutes parts les États qui ne l'ont pas encore définitivement admis, et où il est, d'ailleurs, parfaitement connu des personnes cultivées.

M. le Commandant Bourgeois dit qu'il n'a qu'un mot à ajouter à ce qu'a dit M. Guillaume; il croit devoir répondre à la question suivante qui nous a été posée :

« Pourquoi le système de division centésimale du cercle, après avoir été en usage, est-il aujourd'hui abandonné en France ? ».

C'est tout à fait inexact; la division centésimale du cercle est loin d'être abandonnée dans notre pays. Le Service Géographique de l'Armée s'en est toujours servi depuis l'époque des Ingénieurs géographes. Toutes les opérations géodésiques de France, d'Algérie et de nos colonies sont faites avec des instruments divisés en 400 grades. Ce système de division se répand de plus en plus parmi les Ingénieurs et dans les services publics; M. l'Ingénieur Lallemand l'emploie dans les opérations entreprises en vue de la réfection du Cadastre. D'autre part, M. le Ministre de la Guerre a fait faire un pas plus considérable encore à la question, en décidant, en 1902, que les candidats aux Écoles Polytechnique et Saint-Cyr feraient, au concours d'admission, un calcul trigo-

nométrique dans la division centésimale. C'est, en quelque sorte, la consécration officielle du système, qui, par conséquent, loin d'être abandonné, prend, comme on le voit, de plus en plus d'extension.

M. le Commandant Mahan demande la permission, comme Officier du Génie américain, de dire un mot sur ce sujet. Les travaux de rivières et de ports de mer sont dirigés, aux États-Unis, par le Génie militaire. En 1874, il était attaché au service de la rivière Ohio, dont l'Ingénieur en chef était M. le colonel Merrill. Il s'agissait d'appliquer à cette rivière une canalisation par barrages mobiles. Il n'existait rien en anglais sur ce sujet; il fallait donc se documenter en cherchant dans des œuvres françaises. Là, on ne trouvait que des dimensions métriques et force était de s'en servir. En 1876, M. le Commandant Mahan est venu en France où il a passé trois mois à étudier la navigation intérieure. Les études qu'il fit lui donnèrent beaucoup d'expérience avec le système métrique, dont il a vite apprécié la valeur et la commodité. Depuis lors il s'en est beaucoup servi, et surtout quand il a eu des calculs difficiles à faire. Bien souvent il a transformé ses données américaines en termes métriques; il a fait les calculs et puis il a retransformé les résultats. Par ce moyen, il a réalisé, maintes fois, une économie de la moitié de son temps.

Mais, de l'autre côté, il y a une certaine inertie de l'esprit, difficile à vaincre. Quoiqu'il soit très partisan du système et qu'il s'en serve beaucoup depuis trente ans, il trouve toujours de la peine à penser selon ce système. Quand on parle de résistances de tant de kilogrammes par millimètre carré, cela ne lui dit rien du tout, il faut qu'il transforme en livres par pouce carré. C'est très difficile pour les Américains, qui ont l'habitude de cette dernière forme d'expression et qui chez eux n'en entendent jamais d'autre, de comprendre tout de suite ce que veulent dire les mesures exprimées en kilogrammes et millimètres. Cette espèce d'expression effraie un peu le peuple américain parce qu'il ne la comprend pas, et il est difficile de lui faire comprendre tous les grands avantages qu'a le système métrique sur celui employé actuellement aux États-Unis.

M. Cheysson, Membre de l'Institut, aborde le côté économique de la question. Il lui semble que toutes les objections présentées par les adversaires de l'Introduction du système métrique se résument en un argument utilitaire : « On ne voit pas l'avantage commercial qui ressortirait de l'introduction du système métrique aux États-Unis. »

M. Cheysson explique que la communauté et l'identité du langage en fait de mesures figurent parmi les facteurs pouvant influer sur les relations des différents pays. S'il est difficile d'évaluer mathématiquement cette influence, elle n'est négligeable en aucun cas; grâce à son intégration continue, elle finit par se faire sentir dans la loi de l'offre et de la demande et par réagir sur les courants commerciaux.

En outre, — et toujours au point de vue utilitaire, — c'est une grande économie que d'épargner aux ingénieurs, aux comptables, en un mot à tous les calculateurs d'un pays les pertes de temps que leur inflige un système incommode de poids et mesures. Les Américains sont justement

fiers de ne reculer devant aucun sacrifice pour améliorer leur outillage mécanique. Comment, pour les mesures, s'attarderaient-ils à un outil démodé, que rejettent successivement tous les autres pays ?

Enfin, M. Cheysson, en s'appuyant sur les dires des précédents orateurs, montre comment le système américain est rongé de toutes parts pour la géodésie, l'électricité, le filetage des vis, le titrage des tissus... Il termine en disant qu'il a la ferme confiance que le jour, où le peuple américain aura pris son parti, il apportera au service de l'acclimatation rapide du système métrique ces qualités de décision et de vigueur, dont il a déjà donné tant de preuves et grâce auxquelles il réalisa en quelques années des progrès qui demanderaient ailleurs un siècle tout entier.

M. le Président estime qu'après cette discussion très complète de la question par les savants qui ont bien voulu y prendre part, M. le Représentant de la Chambre de Commerce américaine doit être satisfait des observations présentées. Il remercie les personnes qui ont pris la parole et les invités qui ont bien voulu assister à la séance.

Le Bulletin donnera du reste, *in extenso*, les diverses communications que nous avons entendues ce soir, ainsi que des notes annexes, que quelques-uns de nos Collègues n'ont pu nous faire parvenir assez à temps pour la discussion qui vient d'avoir lieu.

M. le Président fait encore quelques remarques personnelles sur la question. Il dit notamment que, au cours de la vérification de calculs anglais concernant l'établissement de moments d'inertie, il a pu constater que la différence de temps exigé par ces calculs, suivant qu'il employait le système français ou le système anglais, variait environ de **1 à 4.**

M. le Président dit également, en ce qui concerne l'adoption du pied et du pouce en Russie, que cette expérience avait pour but de répandre le système en pieds, pouces, dans toutes les nations civilisées; mais, qu'aujourd'hui, on abandonne ce système, et que, par décret ministériel de l'année dernière, les forges ont dû modifier leurs laminoirs pour ne plus employer, pour les dimensions des profilés, que des mesures métriques.

Cela prouverait donc que le système anglais ne vaut pas ce que ses partisans veulent bien croire.

En terminant, M. le Président dit qu'il regrette de n'avoir pas vu ce soir parmi nous notre Collègue, M. Gustave Richard. Mais un accident, qui aurait pu être fort grave, l'a mis dans l'impossibilité de venir et M. le Président lui exprime, au nom de la Société toute entière, ses vœux de prompt rétablissement.

M. Kimbel prend une dernière fois la parole et s'exprime ainsi :

Monsieur le Président, Messieurs,

Je ne suis certainement ni un orateur, ni encore moins un savant. Mais, après avoir assisté à cette conférence, remarquable à tant de points de vue et si importante dans ses conséquences probables, vous me permettrez de me faire l'écho des sentiments qui animent certainement tous les Membres présents de la Chambre de Commerce américaine de Paris à l'égard de la Société des Ingénieurs Civils de France.

Nous avions fait appel à votre haute compétence en vue d'élucider certaines objections mises en avant par les adversaires, peu nombreux d'ailleurs, du système métrique, dont l'adoption aux États-Unis nous tient tant à cœur.

L'accueil que nous avons trouvé auprès de vous justifie pleinement la confiance que nous avions en vos lumières. Les démonstrations d'un caractère si élevé et empreintes de tant de clarté que viennent de faire devant nous des hommes éminents comme seule votre Société pouvait en réunir, nous ont fait pénétrer dans un sanctuaire, celui de la science, dont l'entrée nous est si rarement permise, ne serait-ce qu'en raison de nos absorbantes préoccupations professionnelles.

Nous quittons donc cette assemblée avec la conviction, due à vos éclaircissements, que nous sommes dans la bonne voie, que l'effort que nous faisons est réellement utile, en première ligne pour notre pays, et en seconde ligne pour les pays déjà tributaires du système métrique. Nous nous trouvons, d'ailleurs, confirmés dans ces idées par la présence parmi nous de notre éminent compatriote, le commandant Mahan. Je me félicite de l'avoir vu prendre part à la discussion dans un sens très favorable à nos *desiderata*. J'en suis d'autant plus heureux qu'il a pu vous parler la langue qui sied à ce milieu.

Je l'en remercie chaleureusement, comme je vous prie d'accepter, Monsieur le Président, les remerciements de la Chambre de Commerce Américaine de Paris pour l'appui et les encouragements que nous donne la Société des Ingénieurs Civils de France.

M. le Président exprime à M. Kimbel combien il est touché de ses paroles, et dit que c'est dans un esprit fraternel de peuple à peuple qu'il a été porté à demander à nos grands savants de France de bien vouloir prendre la parole à la Société des Ingénieurs Civils de France.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. Ch.-A.-P. Combes, D. Murgue, L. Pagan, M.-L. Ratel, comme Membres Sociétaires, et de :

MM. H.-A. Gaulthier, L.-A. Janin, E.-E. Lionne, comme Membres Associés.

MM. L.-J.-G. Leflaive, A. Schweitzer sont reçus comme Sociétaires et M. J.-E. Navet comme Membre Associé.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire :
L. Baudet.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 15 MAI 1903

PRÉSIDENCE DE M. H. COURIOT, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part du décès de M. F.-A.-M. Alavoine, ancien élève de l'École Polytechnique, Membre de la Société depuis 1887, Chevalier de la Légion d'honneur, Administrateur délégué de la Société du Gaz de Beauvais, ancien Président de la Société technique de l'industrie du gaz.

M. le Président adresse à la famille de M. Alavoine l'expression de la douloureuse sympathie de ses Collègues.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que :

MM. J. Robert et A.-F. Clerc ont été nommés Chevaliers de la Légion d'honneur, et que

Notre Collègue et Secrétaire, M. Bel, et notre Collègue, M. P. Jolibois, ont obtenu une médaille d'or à l'Exposition d'Hanoï.

M. le Président adresse à nos Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans le prochain Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT dit que la *Verein Deutscher Ingenieure* nous a adressé une circulaire nous faisant connaître l'état d'avancement des travaux du Dictionnaire technique général qu'elle a entrepris depuis 1901.

341 Sociétés françaises, anglaises et allemandes, ainsi que 2 185 collaborateurs ont, à la date du 1er mai, répondu à l'appel de la Société des Ingénieurs allemands, qui a déjà récolté plus de 1 200 000 fiches. Il y a là une somme de travail considérable, et nous ne pouvons que féliciter la Société des Ingénieurs allemands d'avoir entrepris cette œuvre dont les résultats seront des plus utiles. M. le Président rappelle que ceux de nos Collègues qui voudraient collaborer à cette entreprise considérable peuvent se faire inscrire au Secrétariat de la Société.

M. LE PRÉSIDENT fait donner lecture d'une lettre que M. D.-A. Casalonga lui a adressée à la suite de la communication que M. P. Besson nous a faite le 3 avril, lettre dont voici l'analyse :

M. D.-A. CASALONGA faisant allusion aux travaux de M. et Mme Curie sur la propagation de la lumière, rappelle qu'à la séance du 19 avril 1901, il a émis l'opinion que la reprise de l'ancienne théorie de *l'émission*, combinée avec celle des *ondulations*, lui paraissait de nature à offrir

à la science la meilleure voie à suivre pour trouver la cause de certains phénomènes. Il rappelle aussi que l'hypothèse qu'il a formulée sur la circulation répond bien aux considérations élevées exposées par M. Poincarré; elle est basée sur ce *postulatum*, cyclique de l'éther, qui a été inspiré à M. Casalonga par ses études sur la thermodynamique: « Tout phénomène de la Nature est un phénomène de mécanique ou de force vive ».

M. P. Besson, auquel cette lettre a été communiquée, nous a également répondu par une note dont voici le résumé :

M. P. Besson remercie M. Casalonga de lui avoir rappelé ses travaux sur la « circulation universelle de l'Éther »; le temps lui manque pour formuler les objections possibles, mais il aura probablement l'occasion de le faire dans quelques mois quand il développera *les Hypothèses moléculaires. A priori*, il ne contredit pas l'opinion de M. Casalonga et il rend un juste hommage aux travaux de notre savant Collègue.

M. le Président dit que notre Collègue, M. D.-A. Casalonga, lui a demandé la parole pour présenter à la Société, un rapide compte rendu du Congrès de l'Association française pour la protection de la Propriété industrielle, auquel il avait été délégué avec M. de Mestral, et qui s'est tenu, à Saint-Étienne, les 21 et 22 avril dernier, Congrès auquel un grand nombre des membres de la Société ont pris une part importante.

M. D.-A. Casalonga a la parole.

M. D.-A. Casalonga résume les différents *desiderata* exposés au cours des discussions en vue de la modification des lois actuelles régissant la propriété industrielle. Il rappelle que tous les efforts du Congrès se sont particulièrement concentrés sur l'étude du projet de réforme de la législation française concernant *les dessins et modèles de fabrique*, projet élaboré par les soins de l'Association française pour la protection de la Propriété industrielle. La question des *taxes* relatives aux brevets a aussi donné lieu à une longue discussion, au cours de laquelle M. Bert a exposé les vues générales de l'Association française sur les réformes favorables aux intérêts des inventeurs. Nos Collègues pourront trouver dans les publications de l'Association française l'analyse complète des travaux du Congrès et des discussions. M. Casalonga a, d'ailleurs, déposé à nos archives le texte définitif du projet de loi sur les dessins et modèles de fabrique qui a été adopté par le Congrès de Saint-Étienne.

Au sujet de l'article 2 de ce projet de loi, M. Casalonga expose le texte d'une Note qu'il a remise au Congrès sur *la contrefaçon, par surmoulage, des modèles mécaniques*, Note qui est également déposée à nos archives. En terminant, M. Casalonga, au nom des délégués de la Société des Ingénieurs Civils de France, remercie la Chambre de Commerce de Saint-Étienne et l'Association française pour la protection de la Propriété industrielle dont l'accueil, en toutes circonstances, a toujours été empreint de la plus aimable cordialité.

M. le Président remercie M. D.-A. Casalonga de son intéressant résumé et aussi d'avoir su avec M. de Mestral représenter au Congrès la Société avec la plus grande autorité.

M. G. Lesourd a la parole pour sa communication sur *un Nouveau Frein électro-magnétique applicable aux tramways.*

M. G. Lesourd remercie tout d'abord M. le Président d'avoir bien voulu lui accorder la parole au cours de cette séance, pour présenter un appareil qui est de toute actualité.

Il rappelle que c'est seulement vers 1889 qu'on commença les applications réelles de la traction mécanique aux tramways, et qu'à ce moment, surtout dans une ville à circulation aussi intensive que Paris, toute l'attention des pouvoirs publics a été appelée sur les appareils de sécurité (chasse-corps, avertisseurs, sablières, etc.) et en particulier, sur les freins.

Il a, du reste, été à cette époque, un de ceux qui ont tout spécialement travaillé le problème, sous l'inpulsion des Ingénieurs du Contrôle, et il en est résulté l'adoption presque générale des freins à air comprimé automatiques et modérables dans lesquels, pour arriver à répondre à tous les desiderata, on a dû avoir recours à d'assez grandes complications.

Il est évident que ces freins continueront à être les seuls employés pour tout le matériel autre que le matériel électrique, mais il était tout naturel qu'on cherchât à utiliser l'électricité même comme moyen de freinage pour ce dernier matériel, et il est probable que, si on avait eu alors des appareils analogues à ceux que l'on connaît aujourd'hui, et en particulier à celui qui va être décrit, on n'aurait certainement pas hésité.

M. Lesourd rappelle à ce sujet que, si en effet, la meilleure condition de freinage est de se rapprocher de la limite de calage des roues, il ne faut jamais la dépasser, car le frottement de glissement se substitue alors au frottement de roulement, et la voiture, faisant traîneau, peut parcourir un très grand espace sans s'arrêter.

Or, pour satisfaire au décret des Trois-Vingt relatif à l'arrêt des voitures sur une longueur donnée, il faut appliquer au matériel des efforts de freinage considérables, qui avoisinent 100 0/0 de son poids; ces efforts sont calculés pour une pression de marche de 4 à 5 *kg* et le fatiguent déjà beaucoup; mais souvent, par suite du mauvais état des appareils régulateurs de pression, ou même par la faute du mécanicien, la pression de marche monte très au-dessus de celle-ci, et l'on arrive à produire sur les voitures des efforts énormes qui déforment et détériorent plus ou moins les timoneries; d'autre part, ces efforts produisent le calage des roues et, par conséquent, empêchent absolument le mécanicien d'être maître de sa voiture.

Il estime qu'il ne faut pas chercher autre part que dans ces deux raisons, agissant séparément ou combinées, la cause de tous les accidents qui n'ont malheureusement été que trop fréquents pendant ces derniers temps.

Avec le frein électro-pneumatique Westinghouse qui va être décrit, il en sera, au contraire, tout différemment, et on verra que ce frein *répond de lui-même et automatiquement pendant toute la durée de l'arrêt* aux meilleures conditions de freinage indiquées plus haut, et cela quelle que soit la vitesse, et *d'une façon absolument indépendante du*

mécanicien. Il suffit, en somme, que ce dernier place sa manette sur une touche donnée du contrôleur pour que, pendant toute la durée de l'arrêt, l'effort de freinage soit toujours aussi voisin que possible de la limite de calage, sans jamais l'atteindre ni la dépasser.

M. Lesourd passe alors à la description du frein qui se compose, en somme, comme organes principaux, d'un électro-aimant suspendu au-dessus des rails par deux ressorts fixés au châssis du truck et dans lequel on peut envoyer, à l'aide du contrôleur de la voiture, le courant courant provenant des moteurs marchant en génératrices. L'électro-aimant est immédiatement attiré par le rail et y adhère avec la force portante pour laquelle il a été calculé. La voiture continuant à avancer, il tend à rester en arrière et agit ainsi sur un ensemble de bras de leviers déformable, formant timonerie, et placé entre les deux roues.

Il en résulte un nouvel effort absolument différent du premier, qui vient agir sur les bandages des roues par l'intermédiaire des sabots ordinaires. Le desserrage sera immédiat, puisqu'il n'y a pas de magnétisme rémanent possible.

En somme, ce frein se distingue de tous les autres par la production simultanée de trois sortes d'efforts indépendants : le premier résulte de l'énergie absorbée par les moteurs marchant en génératrices ; le deuxième de l'application du patin sur les rails, et enfin, le troisième de l'application des sabots sur les bandages des roues.

Il offre, de plus, cette particularité extrêmement curieuse et intéressante d'augmenter, lors du freinage, le poids adhérent de la voiture. Si on considère, par exemple, une voiture de 9 *t*, on est amené à y adapter des électro-aimants dont la force portante est d'ensemble 3000 *kg*, de sorte qu'au moment de l'application, le poids adhérent de la voiture devient immédiatement de 12 *t* au lieu de 9, et dépasse même ce chiffre par suite de certaines circonstances, et en particulier de la production de courants de Foucault.

C'est là évidemment une condition essentiellement favorable au point de vue du freinage.

M. Lesourd cite ensuite les conditions techniques et les chiffres relatifs à l'établissement du frein sur une voiture de 9 *t* des tramways du Havre.

Les deux moteurs fonctionnent en parallèle de façon que l'un d'eux suffise, en cas d'avarie de l'autre, à actionner le frein.

Pour la même raison, les électro-aimants sont montés de la même manière.

Le plus fort courant demandé aux moteurs, même pour un arrêt d'urgence, ne dépasse pas 40 ampères ; pour un arrêt ordinaire il atteint à peine 10 ou 12 ampères. On voit par là que le travail demandé aux moteurs est très faible et ne peut en aucun cas les fatiguer.

En dehors du patin, et de sa timonerie qui a été décrite plus haut, le complément du frein consiste simplement dans sa jonction par des fils convenables avec les appareils contrôleurs de la voiture. Ces appareils peuvent être, du reste, quelconques, à la condition qu'ils comportent les touches relatives au frein. Dans ceux que construit la Société Westinghouse spécialement, il existe sept touches, dont la première corres-

pond au maximum des résistances, tandis que la septième met, pour ainsi dire, les moteurs en court-circuit.

Les meilleures conditions d'arrêt s'obtiennent en plaçant le contrôleur à la touche n° 3 et en l'y laissant jusqu'à ce que la vitesse soit réduite à quelques kilomètres. L'arrêt est alors complété, si on le désire, en passant un instant à la touche n° 7.

M. Lesourd ajoute, qu'ainsi qu'on l'a pu voir, l'appareil en question n'est pas *automatique* dans l'acception qu'on donne ordinairement à ce mot. Il peut agir évidemment sur une ou deux remorques, mais ne peut être commandé que par le wattman.

Il estime toutefois qu'il présente des avantages suffisants pour qu'on passe sur ce léger défaut et pour qu'on soit même amené à modifier dans ce sens les arrêtés qui ont été pris alors que n'étaient pas encore connus les freins en question.

Il indique les très courts arrêts auxquels on parvient sans aucune réaction désagréable pour les voyageurs, même en cas d'arrêt d'urgence.

Il rappelle que le frein est originaire d'Amérique; qu'il y a de nombreuses applications dans ce pays et en Angleterre, sur des trucks d'ailleurs quelconques, mais que c'est la première qui ait été faite sur le continent européen; il ajoute que très prochainement il aura le plaisir de convier les membres de la Société que la question peut intéresser à des expériences qui auront lieu avec une voiture que la Société Westinghouse équipe en ce moment sur un réseau parisien.

En tout cas, cet appareil se recommande dès maintenant, même aux Compagnies qui possèdent le frein à air, par sa simplicité; par son mode d'action qui règle automatiquement le freinage et le maintient toujours dans les meilleures conditions possibles, sans l'intervention du mécanicien; par la suppression de toute tuyauterie, de toute timonerie accessoire, et de tous appareils encombrant le châssis, tels que : cylindre, réservoir, distributeur, etc.; par la simplicité de son entretien qu'on peut déclarer nul puisqu'il consiste uniquement dans le remplacement, une ou deux fois par an, du patin amovible; et enfin par la dépense de force absolument nulle qu'il nécessite, puisqu'il n'utilise que le travail des moteurs travaillant en génératrices.

M. Lesourd termine en faisant faire quelques projections, qui n'ont d'autre but que de montrer à l'auditoire, soit des ensembles de véhicules, soit des trucks équipés avec le frein en question, et de faire bien voir comment sont disposés en pratique ses divers organes. Il met également sous les yeux de ses Collègues un petit modèle métallique à dimensions réduites.

M. Cahen-Strauss demande à M. Lesourd un complément d'explications au sujet de la manœuvre du contrôleur pour la mise en action du frein.

M. Lesourd explique que dans cette mise en action de l'électro-magnétique on a une position neutre comme dans le frein à air; à gauche du contrôleur, il y a une série de touches pour la mise en action des moteurs, à droite, une autre série pour la commande des freins; entre les deux, il y a une touche qui donne la position neutre.

M. P. Regnard croit qu'il n'est pas sans intérêt de rappeler que c'est en France qu'ont été inventés les premiers freins électriques ; ceux du système Achard ont été essayés par la Compagnie des Chemins de fer de l'Est, bien longtemps avant l'apparition des tramways.

Il signale l'influence très considérable, au point de vue de l'adhérence. de l'humidité et du brouillard sur les rails, et cite un exemple qui l'a vivement frappé, autrefois, sur un chemin de fer à voie étroite, construit en 1869, dans le département de l'Aisne : La locomotive patinait souvent, par les temps humides, sur une rampe de 30 *mm* ; alors que cette même machine gravissait franchement une rampe de 76 *mm* ; cette anomalie résultait simplement de l'orientation contraire de ces deux rampes. dont la plus faible, orientée à l'ouest, était rendue humide par le moindre brouillard.

M. Regnard demande si l'action du frein qui vient d'être décrit par M. Lesourd est toujours assurée, et notamment si elle n'est pas influencée par la charge plus ou moins grande de la voiture ; car il est évident qu'à pleine charge ou à vide la distance au rail des patins suspendus aux châssis varie dans d'assez larges limites, suivant le fléchissement des ressorts de suspension. On peut donc se demander si l'attraction électro-magnétique entre le rail et le patin du frein, suffisante quand la voiture est chargée, le sera encore dans le cas où, la voiture étant presque vide, la distance entre le rail et le patin sera notablement plus grande.

M. A. Hillairet dit que notre Collègue M. Regnard a eu raison de rappeler les essais du frein électro-magnétique Achard, qui n'ont constitué qu'une tentative prématurée et arrêtée par l'apparition du frein a air comprimé, à une époque ou le développement futur des applications mécaniques de l'électricité était à peine pressenti par un petit nombre de spécialistes.

Il est également juste de rappeler que, dès 1890, notre Collègue M. de Bovet a étudié et réalisé, le premier à notre avis, une série d'appareils intéressants à adhérence magnétique, parmi lesquels des freins électro-magnétiques à bande, à sabots, à coins, etc.

L'emploi du freinage par adhérence magnétique entre deux organes portés par le véhicule, et au moyen d'électro-aimants excités par un courant provenant d'un moteur fonctionnant en génératrice pendant la période d'arrêt, a déjà été réalisé et donne lieu à un fonctionnement très doux.

Il est vraisemblable, comme il vient d'être dit, qu'il en est de même quand on emploie un patin électro-magnétique frottant sur le rail et provoquant en plus le serrage de sabots ordinaires sur les bandages des roues.

Le frein à patin ordinaire, à manœuvre purement mécanique et disposé de façon à ne pas trop affecter la suspension du véhicule, est d'ailleurs beaucoup plus doux qu'on ne pourrait le croire *a priori*.

M. G. Lesourd répond que, s'il n'a pas cité le frein Achard, dont il a du reste parlé dans d'autres occasions, c'est parce qu'il le considère comme un frein de chemin de fer, et qu'il s'est limité aujourd'hui exclusivement aux tramways. Il rassure M. Regnard sur l'instantanéité d'action qui

est absolue. Quant à la question de variabilité de distance entre le patin et le rail, il donne l'assurance qu'en pratique cette variabilité n'a pas d'influence, parce que les ressorts qui supportent l'électro-aimant, ainsi que les bielles de suspension des sabots, font partie non pas du châssis de la voiture, mais du truck électrique même, dont les oscillations sont très faibles, comparées à celles du premier.

Il n'a, du reste, nullement l'intention de faire la critique des freins à air, qu'il a été lui-même amené à perfectionner et à installer à Paris sur un très nombreux matériel et, en particulier, sur celui de la Compagnie des Omnibus, mais il dit que le problème très complexe posé par le Contrôle n'a pu y être résolu qu'au prix de complications incroyables. Il se place aujourd'hui devant un fait nouveau, l'application d'un frein électrique à un matériel électrique.

Il engage, d'ailleurs, tous nos Collègues que la question intéresse à venir prochainement voir fonctionner ces freins sur une voiture à Paris. Les appareils sont en montage, et il préviendra la Société des Ingénieurs Civils de France dès que la visite pourra avoir lieu.

M. LE PRÉSIDENT prend acte de la promesse de notre Collègue de nous convoquer pour assister à des essais de fonctionnement des freins électro-magnétiques sur une voiture d'un réseau parisien et il remercie M. Lesourd de sa très intéressante communication.

M. E. DE MARCHENA a la parole pour sa Communication sur *les Applications de l'électricité à la distribution de la force motrice dans les usines, les ateliers et les diverses exploitations industrielles.*

M. E. DE MARCHENA explique pourquoi l'emploi de l'électricité, pour la transmission de la force motrice dans les usines et ateliers, dont les premières applications sont contemporaines des débuts de l'électricité industrielle, n'a pris vraiment une extension sérieuse que depuis peu d'années.

Cette extension a été particulièrement rapide dans les pays à industries nouvelles comme l'Allemagne et les États-Unis dont l'outillage est relativement moderne et dans les pays particulièrement favorisés au point de vue des forces motrices naturelles à bon marché, comme la Suisse.

Mais, à l'heure actuelle, ce mouvement est également suivi par les pays à industries anciennes, comme la France et l'Angleterre.

Les avantages de l'emploi de l'électricité pour ces sortes de transmissions sont d'ordres divers et peuvent être réalisés à un degré plus ou moins grand, suivant qu'il est adopté d'une manière plus ou moins générale à l'exclusion des systèmes de transmission mécaniques.

Ces avantages sont principalement les suivants :

1° La faculté de concentrer dans une seule station la puissance nécessaire aux différentes machines à commander, même quand ces machines sont distribuées dans plusieurs bâtiments distants les uns des autres et quelles que soient les dispositions relatives de ces derniers ;

La faculté d'établir cette station unique à l'emplacement le plus favorable au point de vue de son bon et économique fonctionnement et

même à distance notable des ateliers à desservir, par exemple pour l'emploi de forces motrices naturelles ;

2° Les facilités qui en résultent pour les dispositions relatives des divers ateliers et des machines d'un même atelier ; les facilités d'extensions ultérieures des usines dans n'importe quel sens, sans qu'il soit nécessaire de modifier les parties déjà construites et en fonctionnement ;

3° La possibilité de combiner le service d'éclairage avec celui de la transmission de la force motrice, de manière à en faire un service unique entrainant le minimum de dépenses ;

4° La suppression des longues transmissions par courroies et de tous les inconvénients et sujétions qu'elles entrainent. Avec la transmission électrique, les diverses machines peuvent être groupées et disposées de la manière la plus favorable au travail qu'elles doivent exécuter, sans qu'il y ait lieu de tenir compte d'aucune condition étrangère à la bonne exécution de ce travail ;

Cet avantage est surtout réalisé quand l'emploi de l'électricité est poussé à sa dernière limite, ainsi que c'est actuellement la tendance. c'est-à-dire quand chaque machine-outil possède son moteur spécial :

5° La possibilité, par suite de la suppression de courroies multiples et des glissements qui se produisent inévitablement dans les longues transmissions, de donner à chaque machine la vitesse qui convient le mieux pour le travail qu'elle doit faire et de maintenir la constance de cette vitesse ou d'en produire la variation au choix, quelle que soit la charge de l'atelier ;

6° L'augmentation de la sécurité et du confort du personnel ainsi que la diminution des accidents.

M. de Marchena rappelle que l'ouvrier se familiarise avec le danger auquel il est exposé d'une manière permanente ; aussi est-ce aux Ingénieurs et aux industriels de réduire ce danger à sa dernière limite, au lieu de se contenter d'attirer sur lui l'attention de leur personnel.

La plus grande partie des accidents sont causés par la présence des courroies de transmission et ils diminuent en proportion de la suppression de ces dernières.

Les manutentions de pièces lourdes sont aussi une cause fréquente d'accidents et l'emploi de l'électricité permet de les supprimer à peu près complètement ;

7° L'amélioration du rendement global et diminution de la dépense d'énergie.

Les transmissions mécaniques donnent une perte constante indépendante du nombre de machines en service et dont l'importance proportionnelle s'accroit avec l'étendue et l'importance des ateliers.

Le rendement à pleine charge ne dépasse souvent pas 50 à 60 0/0 et il s'abaisse au fur et à mesure que diminue le nombre de machines utilisées en moyenne.

Au contraire, avec la transmission électrique la dépense varie à peu près proportionnellement à la puissance utilisée et le rendement se maintient à peu près constant ; il peut facilement atteindre 65 à 70 0/0 et même dépasser ces chiffres dans certains cas.

Ces différents point passés en revue, M. de Marchena examine dans quelle mesure et jusqu'à quel degré de division la transmission électrique doit être réalisée.

Deux méthodes peuvent être employées: la commande par groupes de plusieurs machines à l'aide d'un seul moteur actionnant une transmission commune, et la commande de chaque machine par un moteur individuel.

Il indique, en détail, les avantages et les inconvénients de chacune de ces solutions.

La première est une solution de transition qui a d'abord été adoptée; mais la tendance actuelle est très marquée vers la seconde, qui, seule, permet de réaliser tous les avantages de la transmission électrique.

M. de Marchena estime, néanmoins, que la commande par groupe doit être préférée dans tous les ateliers effectuant des fabrications de série, dans lesquels les machines-outils sont de faible puissance individuelle, travaillent des pièces de faible poids ne nécessitant aucune manutention mécanique, et sont presque toutes utilisées simultanément.

C'est, par exemple, le cas des manufactures d'armes, de bicyclettes, d'automobiles, etc.

Au contraire, dans les ateliers de grosse mécanique, la commande individuelle des machines-outils est généralement plus avantageuse: elle permet de pousser à son maximum l'utilisation des machines-outils; elle permet de modifier, suivant les besoins de la fabrication, l'emplacement et la disposition relative de ces machines, de manière à réduire les manutentions; elle permet même de créer des types de machines facilement transportables et qu'on déplace au lieu de déplacer la pièce à travailler.

M. de Marchena aborde ensuite l'examen comparatif des systèmes de transmissions mécaniques, électriques et mixtes au point de vue des dépenses de premier établissement. Il fait remarquer que la transmission électrique, et surtout celle par moteur individuel, est certainement plus coûteuse, mais que ce supplément de dépenses est faible par rapport à l'ensemble des frais de premier établissement d'un atelier. Ces dépenses supplémentaires peuvent, d'ailleurs, être plus que compensées par les économies réalisées sur la construction des bâtiments. Aussi la question se pose-t-elle à ce point de vue d'une manière différente, suivant qu'il s'agit d'installations entièrement nouvelles ou de transformation d'installations déjà existantes.

Les dépenses de premier établissement, nécessitées par l'installation d'une transmission de force motrice par l'électricité, dépendent de plusieurs conditions, dont les principales sont: la puissance totale des installations, le nombre de moteurs individuels, leur type, l'utilisation maxima à prévoir pour l'ensemble des moteurs à desservir, l'importance relative de l'éclairage, etc.

Aussi chaque cas particulier nécessite-t-il une étude spéciale.

Au point de vue du rendement, il y a lieu de choisir judicieusement la puissance des moteurs électriques, que ceux-ci soient destinés à une commande individuelle ou à une commande par groupe; il est bon de s'assurer, par des essais préalables soigneusement effectués, de la puis-

sance véritable absorbée dans les divers cas par les machines à commander, puissance qui n'est souvent pas connue avec une précision suffisante.

Les moteurs doivent être choisis de manière à être convenablement utilisés dans les conditions usuelles de charges, tout en étant constitués de manière à pouvoir supporter les surcharges momentanées provenant des conditions extrêmes.

Dans le cas de transmissions par groupes, il faut tenir compte de ce que les machines-outils ne sont jamais en service simultané à leur charge maxima, et il y a lieu d'en tenir compte dans le calcul des moteurs destinés à actionner ces groupements.

M. de Marchena cite des résultats de diverses expériences faites à ce sujet, dont quelques-unes faites par lui-même.

Il donne également quelques exemples de dispositions de commandes électriques, soit à des groupes de machines, soit à des machines individuelles ; il montre, sur ces exemples, la simplification et les avantages résultant de l'emploi de l'électricité. Il indique divers systèmes de changement de vitesse et de débrayage pouvant être combinés avec la commande électrique.

M. de Marchena passe ensuite à l'examen des divers systèmes qui peuvent être envisagés pour la distribution et l'utilisation de l'énergie électrique ; il y a eu de grandes controverses à ce sujet, le courant continu et le courant alternatif polyphasé, ayant chacun leurs partisans convaincus. Il indique les desiderata à réaliser pour des installations de ce genre, et en conclut que dans l'état actuel de l'industrie électrique, ils peuvent être satisfaits en grande partie aussi bien par les appareils à courant continu que par ceux à courants alternatifs ; le choix entre les deux systèmes n'influe donc pas d'une manière prépondérante sur le résultat obtenu. Il dépend de conditions particulières à chaque installation. Toutefois, la tendance actuelle est assez marquée vers l'emploi du courant alternatif.

M. de Marchena fait une étude comparative de ces deux systèmes, puis il passe en revue les diverses applications des moteurs électriques et indique dans quel cas un système offre plus d'avantages que l'autre.

Il décrit les systèmes de distribution employés dans le cas d'emploi du courant continu, et montre pour quelles raisons le système à trois fils sous tension de 250 volts doit être préféré dans la majorité des cas.

Il décrit également les systèmes de distribution employés dans les installations à courants alternatifs.

Il termine en disant que l'emploi généralisé de l'électricité dans les diverses industries doit amener non seulement à une amélioration des anciennes méthodes de travail, mais souvent à un changement complet de ces méthodes et peut-être même de l'organisation de certaines industries ; la généralisation de cet emploi aura enfin une corrélation naturelle avec l'utilisation des forces motrices économiques et, en particulier, des forces motrices hydrauliques.

M. Saint-Martin prie le Bureau, en raison de l'importance de la question, de vouloir bien annoncer une discussion sur la communication de M. de Marchena.

M. le Président demande si quelqu'autre membre désire prendre part à cette discussion, et personne ne se faisant inscrire, il engage M. Saint-Martin à présenter immédiatement ses observations, l'ordre du jour étant trés chargé pour toutes les séances jusqu'aux vacances.

M. Saint-Martin indique que les avantages généraux des transmissions électriques présentés par M. de Marchena ne sont pas difficiles à faire admettre par les industriels, mais il croit qu'il n'en est pas de même en ce qui concerne les économies de force motrice pouvant être réalisées par l'emploi de ces transmissions. M. Saint-Martin s'attache alors à démontrer que la force motrice électrique est presque toujours la plus économique. Il cite des prix de vente pratiqués par quelques stations centrales allemandes et par certaines autres stations anglaises. M. Saint-Martin indique les causes qui, à son avis, ont empêché le plus grand développement de l'emploi de la force motrice électrique en France.

M. le Président, en remerciant M. Saint-Martin de ses observations, rappelle que si, en France, on a été un peu en retard à une certaine époque, on a fait un grand pas dans ces dernières années. L'Exposition de 1900 a montré, au monde entier, que nous avions reconquis notre rang à ce point de vue, et nombreux sont nos Collègues qui se sont attachés à cette besogne avec grand talent et une science remarquable. Il estime qu'un des motifs qui se sont opposés au rapide développement des applications de l'électricité, en France, réside dans les charges qui pèsent sur les entreprises électrogènes.

M. le Président félicite M. de Marchena de son important travail; les applaudissements de l'Assemblée l'ont déjà remercié à l'avance.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. E.-G. Berthod, P.-Ch. Dumesnil, A.-C.-M. Gros, L.-J. Joret, R.-T. Lallemand, A. de Silitch, Vicente Gonzalez, comme Membres Sociétaires, et de

M. F.-J.-M. Monnier-Ducastel comme Membre Associé.

M. V. Dwelshauvers-Dery est reçu Membre Honoraire.

MM. Ch.-A.-P. Combes, E.-E. Lionne, D. Murgue, L. Pagan, M.-L. Ratel sont reçus comme Sociétaires, et

MM. H.-A. Gauthier, L.-A. Janin, comme Membres Associés.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
H. Laurain.

FREIN ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE

"WESTINGHOUSE"

PAR

M. Georges LESOURD

Il n'est pas sans intérêt de rappeler qu'il y a relativement peu de temps que la traction mécanique est employée à Paris.

Les premières applications de la Compagnie Générale des Omnibus et de la Compagnie des Tramways de Paris et du Département de la Seine ne datent que de 1889; c'est seulement après cette époque qu'ont été transformées successivement les anciennes lignes à chevaux, et ce n'est que beaucoup plus tard qu'on a établi les lignes nouvelles, et en particulier celles dites « de pénétration ».

Dès cette époque, la question des appareils de sécurité (chasse-corps, sablières, avertisseurs) et en particulier des freins, dans une ville à circulation aussi intensive que Paris, s'est posée au premier plan, et a immédiatement fixé l'attention des pouvoirs publics. Il est résulté, des études auxquelles on s'est livré, l'adoption pour ainsi dire exclusive de freins à air comprimé automatiques et modérables. L'air comprimé est fourni le plus souvent par des compresseurs actionnés par l'essieu et, dans d'autres cas, par des réservoirs placés sur les voitures, et chargés à haute pression, à des postes de compression fixes.

Seul, le système Mékarski porte en lui-même la source d'air nécessaire qu'on fait passer dans un détenteur approprié.

Il est incontestable que, pour tout le matériel autre que le matériel électrique, c'est-à-dire pour les systèmes Mékarski, Serpollet, Purrey, Francq, Rowan, et autres, le seul frein possible continuera à être un frein à air comprimé.

Mais il est assez naturel qu'on ait cherché, pour le matériel électrique, à employer l'électricité même comme moyen de freinage ; il est certain qu'on y trouve de très notables avantages; et si à l'époque où l'on a fait choix des appareils de sécurité, il avait existé des appareils électriques tels que ceux qui existent

aujourd'hui et tels que celui qui va être décrit, ils auraient été choisis sans hésitation.

Il n'entre pas dans notre pensée de faire la critique des freins à air comprimé actuellement montés sur le matériel à traction mécanique de Paris, à l'étude et à l'installation duquel nous avons du reste largement participé.

Nous avons fait à ce moment-là pour le mieux, guidés du reste, d'une part, par la pratique, d'autre part par les Ingénieurs du Contrôle, et nous sommes arrivés à répondre d'une façon aussi parfaite que possible aux points les plus essentiels du problème, c'est-à-dire : arrêts effectués dans un minimum de longueur, et modérabilité absolue pour la descente des pentes, et pour les ralentissements devant un obstacle; nous avons de même satisfait à toutes les prescriptions successives imposées par le Contrôle, chaque fois qu'un fait nouveau semblait être l'indication d'une nouvelle précaution à prendre.

Il en est résulté toutefois des complications qui rendent la question d'entretien assez délicate.

Mais en outre, pour arriver à remplir les conditions du décret dit des « Trois-Vingts », qui oblige à arrêter en 20 *m* un train lancé à 20 *km* à l'heure sur une pente de 20 *mm*, on a été entraîné à des efforts de freinage que beaucoup ne soupçonnent pas et qui atteignent sur les voitures motrices jusqu'à 100 0/0 de leur poids, c'est-à-dire, que sur des grosses voitures de 15 à 18 *t* telles que les automotrices Mékarski ou les automotrices à accumulateurs de la Compagnie Générale des Omnibus, on arrive à produire sur l'ensemble des sabots un effort de freinage de 14 à 17 *t*.

Nous désignons ici par effort de freinage la pression transmise aux sabots par la timonerie, c'est-à-dire l'effort initial du cylindre à frein multiplié par le rapport des bras de levier, abstraction faite de tout coefficient.

Il résulte de ces efforts énormes deux inconvénients capitaux: le premier c'est qu'on se trouve extrêmement près de ce qu'on appelle le « point de calage » des roues. Or, on sait que, pour obtenir le meilleur freinage possible, il faut se rapprocher autant qu'on le peut de ce point, mais ne jamais le dépasser; car, dès que les roues sont calées, le frottement de glissement se substitue au frottement de roulement; il en résulte des arrêts beaucoup plus longs et pour ainsi dire indéterminés, lorsqu'on se trouve sur des pentes assez rapides.

Comme les efforts de 14 à 17 *t* que nous indiquions tout à l'heure sont basés sur une certaine pression d'air dans la conduite générale (4 *kg* par exemple), il en résulte que, si cette pression passe à 5 *kg*, 6 *kg*, et même plus, l'effort augmente proportionnellement, et dépasse très rapidement la limite de calage. A partir de ce moment, on peut dire que le mécanicien n'est plus maître de sa voiture ; il ne le redeviendrait qu'en desserrant ses freins ; mais c'est une chose qu'il est impossible d'obtenir, car en cas de danger, elle apparaît à celui qui y est exposé, comme contraire au bon sens même.

Il existe bien des appareils destinés à limiter automatiquement la pression de l'air produite par le compresseur ; mais il est impossible d'affirmer qu'ils seront toujours dans un état d'entretien suffisant pour jouer exactement le rôle auquel ils sont destinés ; et il nous est arrivé bien souvent de constater des pressions de 7, 8 et même 10 *kg*, qui donnaient des efforts de freinage de 30 à 40 *t* sur des voitures de 15 à 20 *t*.

Le deuxième inconvénient est la conséquence directe du premier ; sous l'influence non seulement des efforts normalement admis, mais encore de ceux qui peuvent être développés accidentellement, comme nous venons de l'indiquer, les timoneries fatiguent énormément et, si elles ne sont pas parfaitement établies, il se produit des déformations ou des ruptures de pièces qui annulent en totalité ou en partie l'effet du frein.

Nous estimons qu'il ne faut pas chercher autre part que dans ces deux particularités, agissant séparément ou combinées suivant les cas, les causes de la presque totalité des accidents malheureusement trop nombreux qui se sont produits.

Les remarques précédentes ne sont du reste que la traduction des chiffres ci-après :

Si on désigne par :
P le poids adhérent de la voiture,
f_1 le coefficient d'adhérence des roues tournant sur les rails,
Q la pression totale exercée sur les sabots,
f_2 le coefficient de frottement des sabots sur les roues, et
f_3 le coefficient de frottement des roues calées sur les rails,
on a, tant que les roues ne sont pas calées :

$$Pf_1 > Qf_2.$$

Or, f_1 varie avec l'état du rail et diminue très notablement en passant de rail sec sur rail humide ; f_2 est au contraire fonction

de la vitesse et du temps d'application, et cela avec des variations énormes ; c'est ainsi que ce coefficient, qui est, pendant les trois premières secondes de l'application du frein, de 0,062 à 96 *km* à l'heure, atteint 0,184 à 48 *km* et 0,360 à 8 *km*.

On verra du reste, dans le tableau I ci-dessous qui est le résumé d'expériences faites par MM. Galton et Westinghouse, toutes les variations de ce coefficient. Elles sont d'ailleurs représentées sous forme de courbe *(fig. 1)*.

TABLEAU I.

Vitesse tangentielle.		Coefficient de frottement f_1.			
En kilomètres à l'heure.	En mètres par seconde.	Pendant les trois premières secondes.	Au bout de 5 à 7 secondes.	Au bout de 12 à 15 secondes.	Au bout de 20 à 26 secondes.
96	26,66	0,062	0,054	0,048	0,043
80	22,22	0,100	0,070	0,056	»
72	20	0,125	»	»	»
64	17,77	0,134	0,100	0,080	»
48	13,33	0,184	0,110	0,098	»
32	8,88	0,205	0,175	0,128	0.070
16	4,44	0,320	0,209	»	»
8	2,22	0,360	»	»	»

Dès que l'on a : $Pf_1 < Qf_2$

il y a calage des roues, et dès lors l'effort retardateur devient :

$$Pf_3$$

qui est beaucoup plus faible que Pf_1, puisque f_3 varie de 0,040 à 80 *km* à l'heure à 0,110 à 16 *km*, comme on le verra dans le tableau II ci-dessous et dans la courbe *(fig. 1)*.

TABLEAU II.

Vitesse tangentielle.		Coefficient de frottement f_3.			
En kilomètres à l'heure.	En mètres par seconde.	Pendant les trois premières secondes.	Au bout de 5 à 7 secondes.	Au bout de 12 à 15 secondes.	Au bout de 20 à 26 secondes.
80	22,22	0,040	»	»	»
72	20	0,051	»	»	»
61	16,94	0,057	0,044	0,044	»
40	10,10	0,080	0,074	»	»
24	6,66	0,087	»	»	»
16	4,44	0,110	»	»	»

Il en résulte que, pour utiliser un frein dans des conditions rationnelles, il faudrait que le mécanicien fasse constamment varier sa pression suivant les vitesses, le temps d'application, et l'état des organes frottants.

Courbes des coefficients de frottement

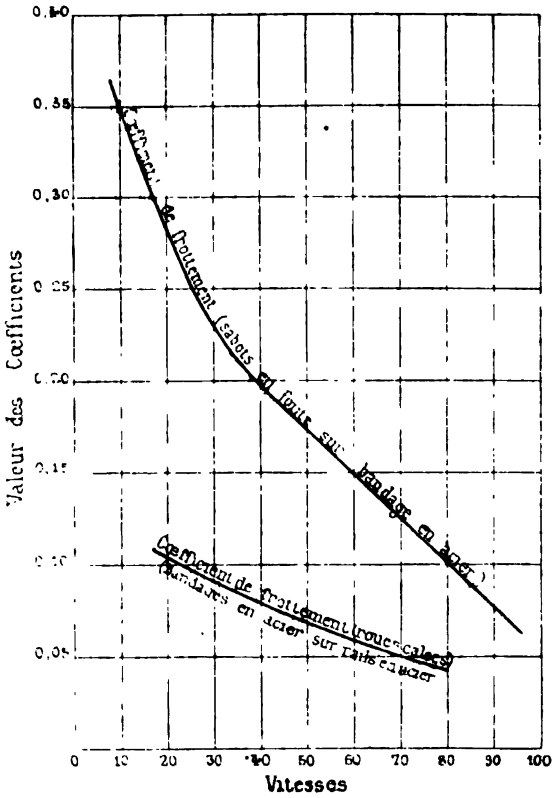


Fig. 1.

Or, c'est une chose qu'il est impossible de lui demander, préoccupé comme il l'est de ses autres manœuvres, et des obstacles qui se dressent incessamment devant lui. Il fait usage de son frein suivant une règle quelconque qu'il s'est donnée à lui-même, et l'on peut être sûr, dans tous les cas, qu'au moment d'un danger il en fait toujours usage au maximum, c'est-à-dire souvent dans de mauvaises conditions.

*
* *

Nous allons voir qu'il en est tout autrement avec le frein électro-magnétique Westinghouse que nous allons décrire et dont nous analyserons successivement les avantages ; nous verrons en particulier *qu'il produit de lui-même et sans aucune intervention du wattman* ces modifications dans le freinage que nous avons indiquées comme essentielles, mais comme impossibles à obtenir du wattman lui-même, et cela *quelle que soit la vitesse*, et *pendant toute la durée de l'arrêt*.

Ce frein se compose *(fig. 2)* d'un électro-aimant E suspendu par des ressorts R, de façon à être maintenu à quelques millmètres du rail, et dont les extrémités PP′ qui sont en réalité ses pôles, forment deux patins amovibles et changeables en cas d'usure.

Cet électro-aimant est lui-même relié à un ensemble déformable de bielles ou timonerie qui actionne les sabots habituels destinés à venir s'appliquer sur les bandages des roues.

Il est en outre mis en communication, par une connexion convenable, avec les touches de freinage du « contrôleur ».

Pour faire un arrêt ou un ralentissement, le wattman commence forcément par supprimer le courant aux moteurs en faisant passer la manette de son contrôleur par le point zéro ; c'est alors seulement qu'il atteint les touches correspondant au fonctionnement du frein.

Il est à remarquer que le passage de l'un à l'autre est naturel, s'effectue dans le même sens et par un seul et même organe.

Le wattman envoie ainsi dans l'électro-aimant le courant des moteurs qui, sous l'impulsion de la vitesse acquise de la voiture, fonctionnent alors comme génératrices.

Le courant ainsi produit passe, suivant la touche sur laquelle se trouve la manette, à travers des résistances appropriées dans l'enroulement de l'électro-aimant. Ce dernier s'excite et est attiré par le rail auquel il adhère avec un effort vertical égal à sa force portante. La voiture continuant sa route dans le sens de la flèche, c'est-à-dire vers la droite, l'électro-aimant tend à rester en arrière. Il pousse alors sur la bielle télescopique CB qui elle-même actionne le levier BA mobile autour d'un axe K suspendu par la bielle de suspension KL.

Le sabot S est alors appliqué.

FREIN ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE WESTINGHOUSE

APPLICATION A UN TRUCK PECKHAM N° 9

Vue de côté

Coupe par l'axe

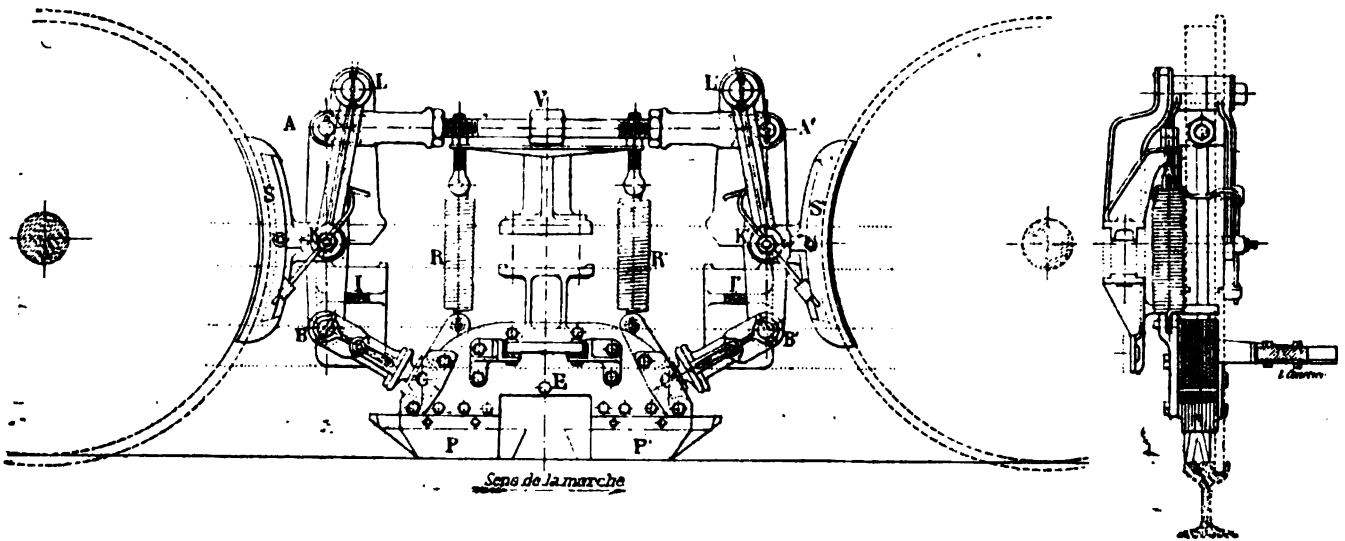


FIG. 2.

Pendant ce temps, la bielle télescopique C'B' s'est allongée de la course nécessaire.

Aussitôt le sabot S appliqué, le point K devient point fixe, et alors le levier BA pousse l'entretoise AA' vers la droite. Immédiatement la bielle A'B' vient s'appuyer contre le point fixe I' et forme un nouveau levier, grâce auquel le sabot S' est lui-même appliqué, la bielle télescopique C'B' rentrant de la quantité nécessaire.

L'entretoise AA' porte dans son milieu un écrou V commandant une tige à double filet, qui permet le réglage de toute la timonerie au degré voulu, suivant l'usure des sabots.

Il est à remarquer que, d'après la disposition même des leviers, le sabot S', c'est-à-dire celui de l'avant de la voiture, est toujours appliqué avec un effort plus grand que le sabot S, ce qui constitue un avantage sensible au point de vue du freinage.

Tous les organes étant absolument symétriques, des effets analogues se produiraient lors de la marche en sens inverse.

Les bielles télescopiques sont en bronze, afin d'éviter les déviations magnétiques.

Il est à remarquer que les bielles de suspension KL, K'L', les ressorts RR' et les points fixes II' font partie de pièces, variables comme disposition suivant les cas, mais toujours fixées au truck solidaire des essieux, dont les oscillations dans le sens vertical sont relativement faibles et assurent une distance pratiquement invariable entre le patin et le rail, quelle que soit la charge de la voiture.

L'ensemble de l'électro et de la timonerie forme un tout, condensé entre les roues, très facilement montable et démontable, symétrique des deux côtés de la voiture et maintenu à écartement convenable par des entretoises transversales.

Nous sommes bien loin, comme on le voit, de la complication d'appareils et de tuyauteries nécessités par un frein à air.

* * *

Le ralentissement et l'arrêt de la voiture sont dus, comme on le voit, à trois efforts distincts.

Le premier provient des moteurs marchant en génératrices, qui absorbent ainsi une partie de la force vive; cet effort est, toutefois, peu important relativement aux suivants (480 *kg* envi-

ron, en se reportant à des essais faits avec une voiture de 9 *t*, à deux moteurs de 30 *ch* chacun).

Le deuxième est l'effort retardateur produit par le frottement des patins sur les rails (1 200 *kg* environ sur rails secs).

Le troisième est l'effort retardateur produit par le frottement des sabots sur les roues (1 500 *kg* environ).

Diagramme des efforts

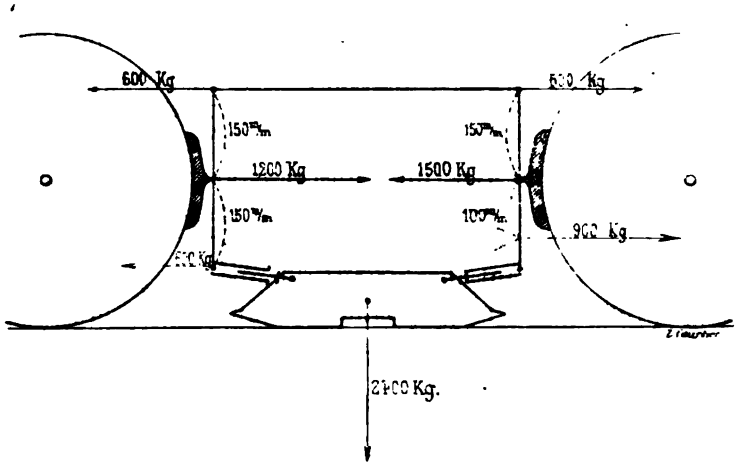


FIG. 3.

La figure 3 donne, du reste, un diagramme de ces divers efforts.

Or, la pression exercée sur les sabots est proportionnelle à l'attraction des électro-aimants multipliée par le coefficient de frottement des patins sur les rails, produit dans lequel l'attraction elle-même a une valeur maxima limitée par la saturation.

Quant au coefficient de frottement des patins sur rails, il varie comme l'adhérence. On est donc certain, quelque valeur que prenne cette dernière, de ne jamais produire le calage des roues, si l'on a pris dans l'établissement du frein et de la timonerie les précautions nécessaires pour qu'il n'ait pas lieu sur rails secs.

Les deux moteurs agissent en parallèle, de sorte qu'en cas d'accident à l'un d'eux, l'autre suffit amplement à faire fonctionner les électro-aimants; et ces derniers sont également montés de la même manière pour que l'un d'eux puisse fonctionner indépendamment de l'autre.

L'enroulement des électro-aimants est calculé pour qu'une

différence de potentiel de 8 à 10 volts à leurs bornes y développe un nombre d'ampères-tours suffisant pour amener la saturation du circuit magnétique formé par l'électro-aimant et le rail ; c'est ce qui se produit ordinairement pour un courant de 30 ampères.

Un arrêt d'urgence peut être obtenu avec un courant initial de 40 ampères; tandis que, pour un freinage de service, un courant initial de 10 à 12 ampères est amplement suffisant.

Il résulte de ces chiffres que le travail demandé aux moteurs est dans tous les cas très faible, et qu'ils ne peuvent en être fatigués, comme cela se produit si souvent dans le cas du freinage rhéostatique où on demande à un moteur, déjà fatigué par une montée, un travail souvent supérieure pour actionner le frein sur la pente qui succède.

La manœuvre du frein peut s'effectuer sans modification avec tous les contrôleurs qui comportent les touches correspondant aux freins rhéostatiques ordinaires, et en se servant de ces touches elles-mêmes.

Dans les contrôleurs que la Société Westinghouse établit spécialement en vue du frein électro-magnétique, elles sont au nombre de 7. La touche 1 comporte le maximum de résistances, la touche 7 le minimum et met, pour ainsi dire, les moteurs en court-circuit par l'intermédiaire de la seule résistance, d'ailleurs très faible, de l'électro-aimant.

Dès que le wattman place sa manette sur une des touches, les moteurs s'amorcent, fonctionnent en génératrices et envoient le courant convenable dans l'électro-aimant, qui, étant données sa proximité du rail et la mobilité qu'il a, grâce à sa suspension, y adhère immédiatement. En général, aux vitesses normales, la touche préférable pour produire un arrêt est la touche n° 3. L'intensité du courant et, par conséquent, l'*attraction des aimants et la pression sur les sabots diminuent avec la vitesse du véhicule, en suivant d'elles-mêmes et sans aucun concours extérieur une loi qui correspond précisement, à chaque instant, au maximum de l'effort retardateur et aux conditions indiquées plus haut, en vue d'un excellent freinage.*

Lorsque la voiture est sur le point de s'arrêter, une seconde de contact sur la touche 7 termine, si on le désire, l'arrêt sans autre inconvénient pour les moteurs.

Aussitôt la voiture arrêtée, le courant cesse de se produire et l'électro-aimant se sépare immédiatement du rail et reprend sa position normale.

Jamais, en tout cas, on n'aura à redouter un calage durable des roues, car le magnétisme rémanant n'entre pas ici en ligne de compte, la moindre aspérité suffisant à décoller le patin du rail.

Nous devons maintenant appeler l'attention sur un point des plus intéressants.

Les deux électro-aimants donnent ensemble un effort vertical sur le rail de 4 800 *kg* pour le courant de 40 ampères employé en cas d'urgence.

Il en résulte donc que le poids « adhérent apparent » de la voiture augmente de 4 800 *kg* du fait de cette attraction magnétique, de sorte qu'au lieu de 9 *t*, elle en pèse réellement à ce moment 14, et son adhérence Pf_1 est alors, non pas 9 000 f_1, mais 14 000 f_1.

On voit donc que ce frein possède cette *particularité absolument unique et précieuse d'augmenter au moment du freinage le poids adhérent de la voiture*, et cela sans donner lieu, grâce à son mode de suspension et d'action, à *aucune espèce de réaction en sens inverse*, comme dans les freins à patins ordinaires.

Il se trouve, par là-même, en d'excellentes conditions pour éviter les déraillements qui ont quelquefois tendance à se produire sous l'influence de coups de frein brusques.

Si l'on établit les courbes relatives aux deux premiers efforts retardateurs, c'est-à-dire à celui provenant des moteurs et à celui provenant des sabots des roues, on trouve que leur somme pour des vitesses variant de 30 à 8 *km* est représentée, *pendant toute la durée de l'arrêt*, par une courbe *située très légèrement en dessous de celle qui représente la valeur* Pf_1 *et cela automatiquement et en laissant la manette du contrôleur sur la même touche.*

L'effort dû à l'adhérence magnétique des patins est donc un effort pour ainsi dire supplémentaire, et il a ceci de remarquable qu'il ne peut, en aucun cas, intervenir pour faire patiner ou pour caler les roues, puisque son mode d'action, grâce à la suspension de l'électro, ne peut avoir aucune espèce d'influence de ce genre. C'est, en somme, un complément d'effort que l'on ne peut rencontrer dans aucun autre frein.

* * *

Pour maintenir une voiture complètement à l'arrêt sur une pente, il est bon de serrer le frein à main une fois que le frein électro-magnétique a agi. Du reste, si, faute de cette précaution, la voiture reprenait un mouvement soit en avant, soit en arrière,

suivant le sens dans lequel on marche, les moteurs s'amorceraient immédiatement et elle s'arrêterait, pour ainsi dire, instantanément sur une longueur d'à peine quelques décimètres.

Il n'y aurait donc, dans tous les cas, qu'une descente successive, mais, pour ainsi dire, imperceptible et, par conséquent, sans aucun danger.

En outre, une disposition spéciale de la touche 7 permet, dans les montées, en cas de suppression accidentelle du courant de ligne, d'assurer le fonctionnement du frein électro-magnétique dans les conditions ordinaires et d'éviter ainsi tout recul.

* * *

Ce frein n'est entré dans le domaine de la pratique que depuis environ deux ans.

Des applications nombreuses ont été faites avec plein succès aux États-Unis, dont il est originaire, à Amsterdam, Pittsburgh, etc., sur des pentes variant de 8 à 14 0/0, et, en Angleterre, à Chatham, Newcastle on Tyne, etc., sur des rampes variant de 9 à 12 0/0. On s'est servi, du reste, des trucks les plus divers et en particulier :

Peckham n° 9 A simple ;
Peckham n° 8 B ;
Mac-Guire simple ;
Brill 21 E simple ;
Brill maximum traction double ;
Brill double à roues égales ;
Société Industrielle Suisse Neuhausen simple, etc.

Jusqu'ici, il n'y a eu sur le continent qu'une application de démonstration sur une voiture de la Compagnie des Tramways du Havre ; une autre voiture sera incessamment équipée sur un réseau parisien et permettra à ceux que la question intéresse de se rendre compte par eux-mêmes du fonctionnement et des avantages signalés.

Il y a, en outre, actuellement en construction quatre équipements doubles pour voitures à deux boggies et à quatre moteur des Tramways de Gérardmer, sept équipements simples pour les Tramways de Cintra (Portugal), et quatre équipements doubles pour le tramway de Bilbao-Durango (Espagne).

Il nous a été donné de faire au Havre, sur rails secs, avec une voiture de 9 *t* lancée à 30 *km* à l'heure, des arrêts en moins de

9 *m*. Et, même dans ces arrêts d'urgence, les assistants ne ressentent nullement l'impression désagréable habituelle. Cette douceur doit sans doute être attribuée, d'une part, à la disposition même de la timonerie, et, d'autre part, au fonctionnement du frein par lequel les trois efforts retardateurs indiqués plus haut s'affaiblissent progressivement jusqu'à l'arrêt et sans donner par conséquent aucun à-coup.

L'électro-aimant étant disposé pour éviter tout dommage de la part des chocs ou des intempéries, l'entretien du frein se réduit au remplacement normal des sabots et à celui des patins amovibles, peut-être une ou deux fois par an. Il est donc insignifiant.

Sa dépense en force est rigoureusement nulle, contrairement à ce qui se passe pour les freins à air, où le compresseur absorbe toujours plusieurs chevaux.

Il est vrai que, comme tous les freins électriques, il n'est pas automatique, c'est-à-dire que, tout en pouvant s'appliquer au besoin à une ou deux remorques, il ne peut être manœuvré que par le wattman; mais, outre que les motrices électriques marchent le plus souvent seules, il semble que les avantages présentés l'emportent d'une façon telle sur l'inconvénient pouvant résulter du fait précédent qu'on sera sans aucun doute amené à modifier en faveur de ces freins les règlements actuels en ce qui concerne ce point.

* * *

En résumé, cet appareil diffère profondément, comme on a pu le voir, de tous ceux présentés jusqu'à ce jour et qui agissent soit par simple attraction magnétique de deux surfaces frottantes, soit par simple adhérence de patins sur les rails, soit par déplacement du noyau mobile d'un électro-aimant.

La réglementation automatique de son action; sa simplicité d'installation; sa dépense insignifiante au point de vue entretien, et rigoureusement nulle au point de vue de la force absorbée; sa grande puissance, en même temps que son extrême douceur, aussi bien dans les arrêts d'urgence que dans les arrêts ordinaires; enfin, la sécurité absolue qu'il donne au point de vue du fonctionnement et de la certitude du non-calage des roues, le rendent intéressant même pour les Compagnies qui possèdent déjà des freins à air; c'est à ces divers titres que nous avons cru devoir appeler l'attention sur lui.

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

A LA

DISTRIBUTION DE LA FORCE MOTRICE

DANS LES ATELIERS ET LES DIVERSES EXPLOITATIONS INDUSTRIELLES

PAR

M. E. DE MARCHENA

Les premières applications de l'électricité à la transmission de la force dans les ateliers sont très anciennes ; elles datent, pour ainsi dire, des débuts de l'électricité industrielle et sont contemporaines des premières applications de l'éclairage électrique. Néanmoins, elles se sont beaucoup moins rapidement répandues que ces dernières et leur essor ne date véritablement que de ces dernières années.

La lenteur relative de ce développement peut paraître singulière si l'on considère que la plupart des avantages que présente la transmission électrique de la force auraient pu depuis longtemps être réalisées presque aussi bien que de nos jours. Elle peut toutefois s'expliquer par des circonstances étrangères aux progrès proprement dits de l'électricité et surtout par le fait que trop longtemps cette branche de la science de l'ingénieur est restée une spécialité nettement séparée des autres, ne formant l'apanage que d'un petit nombre.

Les applications de l'électricité intéressent presque toutes les branches de l'industrie moderne : mais pour les réaliser rationnellement, il faut faire collaborer l'expérience du spécialiste de chaque industrie et les connaissances de l'ingénieur-électricien, et cette double compétence se trouvait rarement réunie à un degré suffisant chez les mêmes personnes; aussi peut-on dire que les développements des applications électriques dans l'industrie privée ont suivi parallèlement la vulgarisation des connaissances électriques.

Ces développements ont été relativement lents dans les pays à industries anciennes, dont l'Angleterre est le type le plus caractérisé ; là, ils avaient à lutter contre ce grand obstacle qu'est

l'état de choses établi et à vaincre cet esprit conservateur, poussé parfois jusqu'à la routine, qui se rencontre fréquemment partout, mais peut-être plus particulièrement chez les hommes auxquels le succès passé a donné la confiance en eux-mêmes, ainsi qu'aux méthodes et aux procédés auxquels ce succès a été dû, auxquels ils sont habitués et dans lesquels leur compétence est la plus grande.

En France, l'esprit est novateur et hardi dans l'invention, mais conservateur et prudent dans l'application. C'est la patrie de l'anneau Gramme; c'est là qu'ont été réalisées les premières applications industrielles de la transmission électrique de la force et déjà, lors de l'Exposition de 1881, plusieurs installations remarquables pour l'époque avaient été faites par des maisons françaises qui s'étaient déjà acquis une juste réputation dans cette industrie nouvelle.

Toutefois, les développements en sont restés pendant longtemps modestes.

Au contraire. ils ont pris une rapide et puissante extension dans les pays à industries jeunes, comme l'Allemagne et les États-Unis, dont l'outillage est relativement moderne et où l'esprit d'initiative et de progrès a pu se donner le plus librement carrière.

Il en a été de même en Suisse, grâce à la constitution particulière de ce pays, si favorable aux multiples applications de l'électricité.

Mais à l'heure actuelle, le mouvement est suivi partout; le stimulant de la concurrence est maintenant si vif, la lutte commerciale est si ardente en tous les pays du monde et dans toutes les branches de l'industrie qu'aucun avantage ne peut impunément être négligé et que tous les moyens susceptibles d'abaisser les prix de revient et d'améliorer les conditions du travail doivent être étudiés et mis en œuvre.

L'emploi de la transmission électrique de la force procure dans les diverses industries de multiples avantages et d'ordres très différents.

Nous commencerons par passer en revue ceux qui ont un caractère général.

Nous examinerons ensuite comment ils peuvent, dans chaque cas, être réalisés à leur degré maximum.

Diverses questions se posent en effet dans une étude de transmission électrique de la force auxquelles il n'est pas possible de faire, dès l'abord, une réponse immédiate.

A quel degré la division de la puissance totale doit-elle être poussée? A quel degré doit-on continuer à faire emploi des systèmes de transmission mécaniques concurremment avec l'emploi de la transmission électrique? Quels systèmes de moteurs et de générateurs adopter? Quels systèmes de distribution, quels voltages choisir?

Ces diverses questions ont de l'importance et doivent être étudiées avec soin. Nous les examinerons successivement, et cet examen, sans conduire à des conclusions générales, impossibles dans les cas si divers de l'industrie, pourra faire ressortir les règles qui devront inspirer le choix de l'ingénieur.

CHAPITRE PREMIER

Avantages généraux de la transmission électrique.

1° Concentration de la production de l'énergie.

La faculté de concentrer en un seul point pouvant être choisi à volonté la production de l'énergie à fournir est un des avantages les plus anciennement reconnus de l'emploi de l'électricité et qui n'est plus guère discuté. Il en a motivé les premières applications à la transmission de la force.

Dans bien des ateliers importants, il était nécessaire d'installer plusieurs machines motrices dispersées dans différents locaux, soit pour éviter des transmissions mécaniques trop longues ou trop compliquées, soit par suite de la division des ateliers en plusieurs bâtiments indépendants, situés à trop grande distance les uns des autres.

Ces machines motrices étaient généralement placées dans des endroits peu favorables.

Une telle organisation de la force motrice entraine inévitablement des dépenses d'exploitation élevées, en outre des inconvénients qu'elle présente au point de vue de l'organisation des services, du manque d'élasticité de la puissance, des dangers d'incendie.

L'emploi de l'électricité permet de concentrer la production de l'énergie dans une seule installation, qui peut être établie dans les meilleures conditions pour son bon et économique fonctionnement. La puissance totale peut être, suivant les cas, soit demandée à un seul puissant groupe électrogène, soit répartie

entre plusieurs unités pouvant se servir de réserve l'une à l'autre et être mises en marche ou retirées du service suivant les besoins du moment et la puissance à développer.

La seule concentration de la production de l'énergie dans une seule installation, avec simple remplacement des anciens moteurs à vapeur par des moteurs électriques, a souvent permis de réduire, dans de très fortes proportions, les dépenses de force motrice.

Par exemple, la Compagnie des Freins Westinghouse a remplacé dans ses ateliers 30 machines à vapeur de 1375 chevaux de puissance totale par une station centrale avec turbine à vapeur de 1 000 chevaux de puissance totale. L'économie de combustible réalisée a atteint 35 à 40 0/0.

Une transformation analogue a donné lieu à une économie de 60 °/₀ aux ateliers Wickers Maxim ; aux chantiers Richardson d'Hartlepool, elle a permis d'effectuer une économie de 400 tonnes de charbon par mois, soit 65 °/₀ de la consommation antérieure.

Même quand les ateliers envisagés peuvent n'être actionnés que par un seul point, l'emploi de l'électricité peut offrir de grands avantages du fait des facilités qu'elle donne pour le choix de la position de la station centrale.

Cette station peut alors être établie au point le plus favorable, sans qu'il soit nécessaire d'avoir égard à aucune considération étrangère à la question de la production économique. Elle peut même être séparée et placée à notable distance des ateliers à conduire : par exemple à proximité d'un canal ou d'un cours d'eau fournissant l'eau de condensation, d'une voie ferrée amenant les combustibles, à distance des bâtiments et des matières inflammables.

L'énergie peut être demandée à une force motrice hydraulique plus ou moins éloignée, et même quand cette dernière est au voisinage immédiat des usines à desservir, il y a toujours très grand avantage à pouvoir étudier la disposition de l'usine hydraulique d'une manière tout à fait indépendante des ateliers à conduire. Cette étude peut alors être faite avec la seule préoccupation de rendre minima les travaux d'aménagement de la chute et de l'usine hydraulique.

Il n'est pas sans intérêt de rappeler que la transmission électrique a été utilisée pour la première fois dans une filature pour un motif de cet ordre. Cette filature est celle de Columbia dans

la Caroline du Sud, aux États-Unis. La figure 1 en indique les conditions d'établissement : il n'y avait aucun emplacement favorable pour la construction de la filature entre le canal et la rivière et, dans cette partie, le terrain était si bas qu'il était souvent inondé. La seule situation favorable se trouvait sur le terrain élevé de l'autre côté du canal : mais elle aurait conduit,

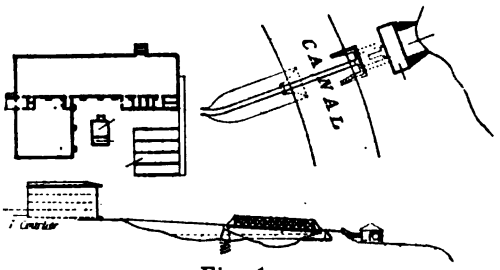


Fig. 1

pour le bâtiment des turbines et le canal de fuite, à des travaux très coûteux.

Cette difficulté suggéra la pensée de placer sur le bord de la rivière seulement les bâtiments des turbines et de transmettre électriquement la puissance à la filature. Cette solution, qui constituait à l'époque une véritable nouveauté, ne fut adoptée qu'après beaucoup d'hésitations, mais le succès la justifia pleinement.

A l'heure actuelle, il y a plus de 50.000 *ch* de force employés en moteurs électriques dans les seules filatures de coton des États-Unis.

Les avantages tirés de la concentration de la station motrice et du choix judicieux de son emplacement paraissent avoir moins d'importance pour les petits ateliers absorbant de faibles puissances, mais à ceux-là l'emploi de l'électricité réserve d'autres avantages.

Il leur permet, en effet, de se grouper entre eux pour la constitution d'une seule station motrice destinée à desservir plusieurs ateliers à la fois.

A notre époque, dont les tendances principales sont l'association et la spécialisation du travail, de tels groupements sont tout à fait logiques et ils permettront aux petites industries de jouir d'avantages qui paraissaient seulement réservés aux puissantes.

Ces groupements pourront se proposer soit la simple concen-

tration de la production de l'énergie, soit la mise en valeur d'une force motrice économique (comme une chute d'eau), mais dont l'utilisation n'est vraiment avantageuse que pour des puissances notables.

En dehors de la constitution d'associations spéciales, l'emploi de l'électricité donne aux petites industries la faculté d'acquérir leur énergie soit à des Sociétés de distribution de force motrice qui pourront se créer avec avantage dans les centres industriels, soit aux Sociétés d'éclairage électrique déjà en exploitation un peu partout.

Ces dernières peuvent y trouver des débouchés précieux pour la puissance mécanique dont elles disposent et que l'éclairage n'utilise que pendant une fraction de temps très minime. L'amélioration qui en résultera pour leur facteur de charge abaissera sensiblement leurs prix de revient et leur permettra d'offrir à une clientèle de ce genre des prix de vente très réduits.

De leur côté, les industriels trouveront à de telles combinaisons l'avantage d'être débarrassés du souci de la production de leur force motrice, c'est-à-dire d'une préoccupation qui est étrangère à leur industrie proprement dite; ils y trouveront aussi généralement l'avantage de réaliser de très sensibles économies, surtout pour les petites forces inférieures à 20 ou 25 *ch*.

Les Compagnies de Tramways électriques, quoique possédant déjà un facteur de charge très élevé, ne dédaignent souvent pas les suppléments de recettes qu'elles peuvent réaliser par la vente de l'énergie aux petites industries, et plusieurs d'entre elles, entrées dans cette voie, y ont trouvé un débouché très rémunérateur pour leurs excédents de puissance.

2° Unification des Services d'éclairage et de force motrice.

La plupart des industries qui ont, par elles-mêmes, besoin de force motrice ont grand intérêt à s'éclairer par l'électricité en consacrant à cet usage une fraction de cette force motrice.

En effet, l'énergie absorbée en surplus par l'éclairage électrique n'entraîne guère, comme dépenses, que le combustible, le graissage et autres matières premières nécessaires en supplément, les autres dépenses, telles que celles de personnel, d'entretien et les frais généraux, n'étant pas sensiblement modifiées par le supplément de puissance à produire.

Le kilowatt-heure ainsi produit en surplus ne coûte guère

plus de 8 à 10 centimes ; d'autre part, on peut admettre, qu'au point de vue de l'éclairage, un kilowatt-heure correspond en moyenne à environ 2 mètres cubes de gaz. Par suite, même en tenant compte de l'entretien des lampes, l'éclairage électrique coûtera trois ou quatre fois meilleur marché que l'éclairage au gaz, en admettant pour ce dernier le prix unitaire de 0*f*20 le m^3, et souvent même l'écart sera encore plus considérable.

La fraction de puissance absorbée par l'éclairage est généralement importante ; souvent elle dépasse 30 à 35 % de la puissance totale absorbée par les ateliers à desservir. Les installations électriques à prévoir pour l'éclairage ont donc, par elles-mêmes, une importance notable ; par une pente naturelle, on est conduit à leur donner une extension plus grande et à effectuer, également par l'électricité, la transmission et la distribution de la force.

Il suffit, pour cela, d'augmenter convenablement la puissance de la dynamo génératrice, de manière à lui permettre d'absorber la puissance totale du moteur de l'atelier ; cette dynamo génératrice pourra, dès lors, être chargée d'effectuer concurremment les services d'éclairage et de force motrice sans nécessiter de surveillance et de personnel supplémentaire.

L'unification des deux services d'éclairage et de force motrice permet de réaliser des économies dont l'importance n'est pas toujours suffisamment appréciée par les intéressés. Pour ne citer qu'un exemple, l'Administration des Monnaies et Médailles s'étant décidée, il y a trois ans, à transmettre électriquement la puissance à certains ateliers qui nécessitaient une transmission mécanique trop compliquée, et en ayant profité l'année suivante pour substituer graduellement l'éclairage électrique à l'éclairage au gaz, a pu réaliser, au moyen d'installations dont le coût n'a pas dépassé, au total, 50 000 *f*, une économie de plus de 15 000*f* par an.

3° Indépendance des ateliers, facilités d'extension et de contrôle.

Grâce à l'indépendance du fonctionnement des divers moteurs électriques, les ateliers et parties d'ateliers actionnés par ces moteurs forment des ensembles tout à fait indépendants les uns des autres. Ces ateliers peuvent être, dès lors, distribués de la manière la plus logique et la mieux appropriée à la suite régulière du travail, quelles que soient les puissances qu'ils absor-

bent respectivement; avec les transmissions mécaniques, au contraire, on est presque toujours conduit, dans cette répartition, à tenir compte de la puissance des machines à commander, afin de placer les plus grosses au voisinage de la station motrice.

De même, on n'est plus limité, dans la disposition générale des usines, par les règles à observer pour le bon établissement de transmissions rigides ; la répartition en plan et aux différents étages peut être étudiée indépendamment de toute préoccupation étrangère à la bonne organisation du travail.

Enfin, les extensions peuvent se faire avec la plus grande facilité et dans n'importe quel sens ; les possibilités que l'industriel doit toujours se réserver de ce côté cessent de peser sur les installations originelles ; celles-ci peuvent être faites de manière à former un tout complet se suffisant à lui-même et auquel il n'y a qu'à réserver les emplacements de terrains nécessaires aux agrandissements futurs.

Cette faculté est d'autant plus précieuse que les industries sont plus exposées, par les modifications de leurs marchés commerciaux, à des transformations fréquentes, non seulement de leurs méthodes de travail, mais encore de l'ordre d'importance des divers produits qu'elles fabriquent.

L'emploi de la transmission électrique rend l'industriel apte à effectuer les modifications en question aussitôt qu'il en a reconnu la nécessité, avec le minimum de dépenses et sans troubler un instant le fonctionnement normal des parties non modifiées.

Grâce à la division de la force motrice que permet la commande électrique, les accidents dans les transmissions sont tout à fait localisés et n'affectent qu'une partie d'autant plus restreinte des installations desservies que la division de la puissance est plus grande.

Les appareils électriques fournissent, d'autre part, des moyens de contrôle et de protection simples, efficaces et précis de chacun des circuits constituant l'ensemble de la distribution. La simple lecture d'un ampèremètre permet d'apprécier si le fonctionnement du circuit correspondant est normal ou anormal. La lecture des compteurs renseigne l'industriel sur l'énergie absorbée par ses ateliers et lui permet d'apprécier si elle est en proportion avec le travail effectué, lui donnant ainsi des indications précises sur le plus ou moins bon état d'entretien et sur la plus ou moins bonne utilisation de son matériel. Enfin, la fusion d'un plomb, l'ouverture d'un interrupteur, permettent d'isoler instan-

tanément, de près ou à distance, automatiquement ou à volonté, une section défectueuse ou que l'on désire momentanément retirer du service.

4° Meilleur aménagement des ateliers et amélioration des conditions de travail.

L'emploi de la transmission électrique permet de faire disparaître la plus grande partie des inconvénients et des sujétions entraînées par les longues transmissions par courroies.

Avec les transmissions mécaniques, la position des arbres principaux par rapport aux bâtiments fixe la direction que doivent avoir les renvois secondaires et la position des machines commandées par eux.

Avec la transmission électrique, les diverses machines peuvent être disposées par rapport aux bâtiments et groupées les unes par rapport aux autres de la manière la plus favorable, non seulement à la bonne exécution de leur travail, mais encore à la bonne distribution de la lumière, à la facile surveillance des ouvriers et à la bonne utilisation des locaux occupés.

Les transmissions mécaniques subsistant encore peuvent être orientées à volonté et établies de manière à causer le minimum de gêne ; au besoin, dans certaines parties, elles peuvent être complètement supprimées. Dès lors, des ponts roulants peuvent être facilement établis dans toutes les travées où le besoin s'en fait sentir, donnant accès dans toutes les parties des ateliers et permettant d'effectuer la manutention de toutes les pièces lourdes par des moyens entièrement mécaniques, avec le minimum de rapidité, de sécurité et d'économie.

En outre, grâce à la suppression des multiples renvois de transmissions intermédiaires, les inconvénients provenant du glissement des courroies peuvent être à peu près complètement éliminés ; quelle que soit la charge de l'atelier, chaque machine est actionnée à la vitesse qu'elle doit avoir et qui correspond à son meilleur travail. Il en résulte, dans bien des cas, non seulement une augmentation sensible de la production, mais encore une amélioration de la qualité du produit fabriqué.

Ces deux considérations ont été un des principaux motifs du développement qu'a pris la transmission électrique dans les filatures et les tissages. Le seul accroissement de la production aurait souvent suffi à en justifier l'établissement ; mais, en outre, par suite de la grande constance de la vitesse, les tissus obtenus

sur les métiers à commande électrique sont plus réguliers et plus appréciés que les tissus fabriqués par les métiers à commande par transmission.

5° Augmentation de la sécurité et du confort.

A ce point de vue également la commande électrique offre des avantages qui ne sont pas à négliger.

Les statistiques industrielles montrent que la plus grande partie des accidents sont occasionnés par les transmissions multiples et proviennent, pour une forte proportion, des manipulations de courroies. Les chances d'accident diminuent donc au fur et à mesure de la suppression de ces dernières.

Il y a lieu de faire remarquer à ce sujet que, quelles que soient son habileté professionnelle et les recommandations qui peuvent lui être faites, l'ouvrier finit toujours par se familiariser avec le danger auquel il est exposé d'une manière permanente. Aussi l'ingénieur et l'industriel ne peuvent estimer avoir rempli toute leur tâche quand ils ont attiré, par des circulaires et par des affiches, l'attention de leur personnel sur les divers dangers courus par lui dans l'accomplissement de son labeur; leur véritable devoir, à ce point de vue, consiste à réduire ce danger dans toute la mesure que permettent les moyens dont ils disposent. Dans bien des cas, la commande électrique est un de ces moyens les plus efficaces.

Pour ne citer qu'un exemple, dans les sucreries et les raffineries, la commande par courroies des turbines essoreuses tournant à très grande vitesse, et notamment des turbines Weston, offre, pour le personnel chargé du service de ces appareils des dangers particuliers, qui disparaissent à peu près complètement avec la commande électrique.

Dans le cas où, malgré toutes les précautions prises, un accident survient, la manœuvre de l'interrupteur coupant le circuit du moteur desservant la partie de l'atelier où l'accident s'est produit, permet de l'arrêter avec le maximum de rapidité, et souvent à temps pour éviter que cet accident ne prenne un caractère grave. Avec les transmissions mécaniques, l'arrêt du moteur principal nécessite un délai si considérable qu'il ne peut, pour ainsi dire, jamais être effectué à temps.

D'autre part, la manutention des grosses pièces par des moyens entièrement mécaniques, supprime les manœuvres à bras d'homme, qui sont aussi de fréquentes causes d'accidents.

Enfin, grâce à la commande électrique et aux facilités qu'elle donne, les bâtiments peuvent être mieux étudiés au point de vue de l'éclairage et de l'hygiène ; l'air est moins agité par le passage des courroies et contient moins de matières en suspension, notamment dans les filatures, les ateliers de menuiserie, les minoteries, les fabriques de ciment, etc.

Tout naturellement, les divers avantages que présente, au point de vue de la sécurité et de l'hygiène, la commande électrique, sont d'autant mieux réalisés que la division de la puissance est plus grande, et surtout quand elle est poussée à sa dernière limite, c'est-à-dire quand chaque appareil commandé possède son moteur spécial.

Bien entendu, les voltages adoptés doivent être suffisamment faibles pour ne présenter aucun danger, et les installations doivent, au point de vue du bon isolement du circuit et des appareils de sécurité, être effectuées conformément à toutes les règles admises dans les installations d'éclairage électrique.

6° Amélioration du rendement.

L'amélioration du rendement, c'est-à-dire l'augmentation de la proportion de puissance motrice véritablement utilisée par les machines à conduire est un des avantages de la commande électrique qui a été le plus souvent discuté, et quoique cette question n'ait pas, en pratique, toute l'importance qu'on serait porté à lui attribuer, il n'en est pas moins intéressant de faire ressortir la supériorité, à ce point de vue, de la transmission électrique sur les transmissions mécaniques.

Au premier abord, cette supériorité peut paraître singulière ; elle choque les principes que l'Ingénieur est habitué à reconnaître, puisqu'en définitive l'emploi de l'électricité conduit à une double transformation de l'énergie entre la station motrice et les machines réceptrices, double transformation qu'évitent les systèmes mécaniques.

Mais le rendement des génératrices et réceptrices électriques, au point de perfection auquel leur construction est actuellement portée, est très élevé.

Les génératrices de 100 kilowatts, tant à courant continu qu'à courant alternatif, atteignent facilement 90 à 92 0/0 de rendement dans des limites étendues de leur charge : pour les grandes unités à couplage direct de puissance dépassant 3 à 400 kilowatts,

ce rendement est encore plus élevé et atteint 93 et même 95 0/0. Ces résultats ne sont d'ailleurs pas obtenus seulement par des types spéciaux, mais bien par les types courants de la plupart des bonnes maisons de construction.

La transformation de l'énergie à la station génératrice n'entraine donc que des pertes insignifiantes.

Le rendement des moteurs n'est évidemment pas aussi élevé que celui des génératrices, leur puissance individuelle étant beaucoup plus faible. Il n'en est pas moins très satisfaisant dans toutes les limites usuelles de leurs charges, c'est-à-dire depuis la demi-charge jusqu'à 50 0/0 de surcharge.

Ci-après, nous donnons un tableau indiquant les rendements à diverses charges de divers moteurs à courant continu et à courants triphasés provenant de diverses maisons de construction. Les chiffres portés à ce tableau sont des valeurs couramment garanties pour les rendements de ces moteurs qui appartiennent à des séries normales.

Moteurs à courant continu sous 110 et 220 volts.

PUISSANCES	50 0/0 SURCHARGE	PLEINE CHARGE	75 0/0 DE PLEINE CHARGE	50 0/0 DE PLEINE CHARGE
2 chevaux	81 0/0	82 0/0	80 0/0	75 0/0
5 chevaux	84 —	85 —	83 —	78 —
10 chevaux. . . .	87 —	87 —	85 —	82 —
20 chevaux. . . .	89 —	89 —	87 —	85 —

Moteurs à courants triphasés sous fréquence de 50 cycles et tension 110 à 220 volts.

PUISSANCES	50 0/0 SURCHARGE	PLEINE CHARGE	75 0/0 DE PLEINE CHARGE	50 0/0 DE PLEINE CHARGE
1/4 de cheval. . .	70 0/0	74 0/0	74 0/0	70 0/0
1 cheval	73 —	76 —	76 —	73 —
2 chevaux	76 —	78 —	77 —	74 —
5 chevaux	83 —	84 —	83 —	80 —
10 chevaux. . . .	85 —	87 —	87 —	85 —
20 chevaux. . . .	88 —	90 —	90 —	89 —

En outre des pertes dans les génératrices et les réceptrices, il faut tenir compte des pertes dans les conducteurs électriques reliant les premières aux deuxièmes. Pour en apprécier les valeurs, il suffit de remarquer qu'avec une densité de courant moyenne de 1 ampère par millimètre carré de section de cuivre et une tension au départ de 220 à 230 volts, la perte atteint par 100 *m* de développement de canalisation, 1,5 0/0 dans le système à courant continu et 1,25 0/0 dans le système à courants triphasés.

Pour une distance moyenne de 3 à 400 *m*, cette perte ne dépasse donc pas 5 0/0 sous la tension de 220 volts. A la tension de 110 volts, elle s'élèverait à 10 0/0, mais cette tension ne s'emploierait pas pour des distances moyennes aussi grandes.

En récapitulant les différents chapitres de pertes depuis la station motrice jusqu'aux réceptrices, on voit qu'on peut aisément réaliser pour le rendement moyen 75 0/0, quand il s'agit de réceptrices de puissance supérieure à 5 ou 10 *ch*, et encore 65 à 70 0/0 dans le cas de distribution à des moteurs de très faibles puissances individuelles (2 *ch* et au-dessous).

La perte due à la double transformation de l'énergie n'est donc pas très considérable ; par contre, grâce à cette double transformation, on peut faire disparaître la partie la plus importante des transmissions mécaniques, et celles-ci, avec toutes leurs complications d'arbres, de poulies, de renvois, d'engrenages, absorbent, par les divers frottements et le glissement de la multitude des courroies, une proportion très considérable de la puissance à transmettre.

Cette proportion est assez mal déterminée ; elle est, du reste, très variable, mais d'une manière générale, elle acquiert d'autant plus d'importance :

1° Que la *densité* des machines dans les ateliers à desservir est plus faible ou, en d'autres termes, que le développement linéaire des transmissions doit être plus considérable pour un même nombre de machines à desservir et une même puissance à transmettre ;

2° Que l'importance et l'étendue des ateliers à desservir par la même ligne de transmissions sont plus grandes.

Cette perte dépend d'ailleurs, dans une grande mesure, de la plus ou moins bonne installation de l'ensemble, de son plus ou moins bon état d'entretien ; elle augmente par suite du mauvais alignement des arbres de transmissions et cet alignement tend

toujours à s'altérer, par suite des efforts auxquels ces transmissions sont soumises et du tassement des bâtiments. Elle augmente aussi, par suite du mauvais réglage de la tension des courroies, soit que cette tension soit trop forte et donne lieu à des frottements exagérés, soit qu'elle soit trop faible et donne lieu à des glissements; par suite de l'extensibilité naturelle des courroies, ces tensions se modifient toujours au fur et à mesure du service, et il est très difficile de leur conserver la valeur qui serait théoriquement la plus convenable.

L'industriel n'a d'ailleurs pas de moyen de contrôle facile et permanent de l'état de ses transmissions; il n'est presque jamais renseigné sur les pertes de force motrice qu'il subit de ce chef et, à vrai dire, il ne s'en préoccupe que bien rarement.

D'une manière générale, et dans des conditions moyennes de puissances à transmettre et d'entretien, les pertes dues aux transmissions mécaniques peuvent varier entre 1/3 et 1/6 *ch* par mètre de développement des transmissions, et entre 1 et 2 *ch* par tonne de poids de ces dernières.

Le compte rendu des séances du dix-septième Congrès des Ingénieurs en Chef des Associations de Propriétaires d'Appareils à vapeur (année 1898) donne sur cette question des renseignements intéressants provenant d'essais effectués par divers de ses membres.

Les résultats trouvés pour la valeur des pertes dans les transmissions mécaniques sont des plus variables, comme on pouvait s'y attendre.

Ils sont résumés dans le tableau ci-après, qui donne également les moyennes trouvées pour chaque industrie :

INDUSTRIES	VALEURS EXTRÊMES de la proportion des pertes	VALEUR MOYENNE de cette proportion
Filatures	18 à 39 0/0	30 0/0
Tissages.	22 à 50 —	36 —
Ateliers de constructions .	30 à 70 —	50 —
Minoteries.	10 à 50 —	27 —
Scieries.	22 à 55 —	33 —

Des essais faits en Angleterre, dans les importants ateliers de M. Th. Richardson, d'Hartlepool, ont donné les résultats résumés ci-après :

	Longueur des transmissions principales	Puissance transmise	Proportion des pertes
1er Atelier.	113 *m*	48 *ch*	36 0/0
2e Atelier.	238	94	25
3e Atelier.	157	44	46
4e Atelier.	174	29	52
5e Atelier.	211	56	36
6e Atelier.	116	76	30
7e Atelier.	36	10	70
8e Atelier.	74	16	50
TOTAUX. . .	1 119 *m*	373 *ch*	34 0/0

Des essais du même genre, faits en Angleterre par M. Selby Bigge, ont donné les résultats suivants publiés par l'*Electrical Review* :

INDUSTRIES	Puissance transmise	Proportion des pertes
Tréfilerie	400 *ch*	39 0/0
Estampage.	75	77
Ateliers de constructions .	112	57
Fabrique d'outils.	190	57
Fabrique de vis	244	47

Enfin, des expériences faites par nous-mêmes aux Ateliers de la Société des Établissements Postel-Vinay, ont donné les résultats suivants :

LONGUEUR des arbres principaux	Puissance transmise	Proportion des pertes (toutes les courroies étant sur les poulies folles des renvois)
18 *m*	16 *ch*	40 0/0
18	12	50
9	8	50
45 *m*	36 *ch*	46 0/0

Comme on le voit, d'après les résultats relatés dans les tableaux ci-dessus, la proportion des pertes dans les transmissions mécaniques est très variable, mais tous font ressortir la grande importance qu'elle possède généralement; il est bien rare, en effet, qu'elle s'abaisse au-dessous de 30 0/0, tandis qu'elle atteint et dépasse très fréquemment 50 0/0.

Ceci n'a rien d'étonnant quand on songe aux masses relativement énormes d'arbres, de poulies et de courroies qui doivent être mises en mouvement pour transmettre des puissances relativement faibles. Le poids total des masses en mouvement dépasse souvent 250 à 300 *kg* par cheval à transmettre, et il est appliqué à des arbres tournant à des vitesses de 150 à 200 tours par minute.

D'autre part, il ne faut pas oublier que la plupart des expériences dont les résultats sont consignés dans les tableaux ci-dessus sont basées sur des mesures faites à *vide*. En marche normale, les pertes véritables sont plus grandes, en partie parce que les efforts développés doivent être plus grands (ceci s'appliquant principalement aux renvois par engrenages), mais surtout par suite du glissement des courroies dont il n'est pas tenu compte dans les expériences faites à vide.

Enfin, il y a lieu de noter que la partie constante de ces pertes est indépendante du degré d'activité de l'atelier et du nombre de machines en service; il en résulte que le rendement diminue rapidement au fur et à mesure que la charge devient plus faible. Aussi la moyenne de l'année entière est-elle, dans la plupart des industries et surtout dans celles à fonctionnement irrégulier, sensiblement inférieure aux résultats trouvés dans des expériences faites dans des périodes d'activité normale.

Nous avons vu, au contraire, que le rendement des moteurs et générateurs électriques judicieusement calculés variait peu dans des limites étendues de leur charge : d'autre part, les moteurs qui ne sont pas en service peuvent être aisément coupés du circuit et, à partir de ce moment, ils ne consomment absolument plus rien, tandis que la perte proportionnelle dans les conducteurs alimentant les autres moteurs, diminue avec la puissance transmise.

Il résulte de cet ensemble de faits que le rendement des transmissions électriques varie beaucoup moins avec le degré d'activité des ateliers et le nombre de machines en service : sa valeur moyenne dans l'année est peu inférieure à la valeur correspon-

dant à la charge normale et elle peut facilement atteindre 65 à 70 0/0, comme indiqué au début de ce paragraphe.

Dans la plupart des cas, la commande électrique donnera donc un gain sensible sur les transmissions mécaniques.

Nous devons toutefois ajouter que cette question, tout en n'étant pas négligeable, n'a pas toute l'importance qu'on pourrait être tenté de lui attacher, et ce n'est pas de ce côté qu'on doit chercher les avantages fondamentaux de la transmission électrique dans les ateliers.

En effet, les dépenses de production de la force motrice sont loin d'entrer dans les prix de revient pour une proportion prédominante.

Dans les filatures, par exemple, elles atteignent environ 3 à 3 1/2 0/0 de la valeur du produit fabriqué; dans les ateliers de construction, elles atteignent 1/10e à 1/20e des dépenses de main-d'œuvre, c'est-à-dire à peine 2,5 à 3 0/0 de la valeur des produits fabriqués.

Les facteurs prédominants du prix de revient de fabrication sont presque toujours la main-d'œuvre et la bonne utilisation de l'outillage; mais c'est aussi sur ces facteurs que l'emploi de l'électricité permet de réaliser les plus grandes économies.

CHAPITRE II

Division à adopter pour la transmission électrique.

Les moteurs électriques permettent une division presque illimitée de la puissance à distribuer, car ils peuvent s'établir d'une manière pratique pour les plus faibles comme pour les plus grandes forces.

La question qui se pose aussitôt qu'on aborde l'étude d'une distribution électrique est donc la suivante :

Dans quelle mesure et jusqu'à quel degré de division la transmission électrique doit-elle être utilisée? Dans quelles limites les transmissions mécaniques doivent-elles être conservées?

Les opinions ont beaucoup varié à ce sujet. L'électricité a d'abord été considérée comme un moyen de transport facile et avantageux de l'énergie aux divers points d'un atelier, mais,

malgré son emploi, on laissait subsister toute l'organisation des anciens systèmes de transmission aux divers outils, se contentant seulement de supprimer les arbres principaux et de commander les renvois secondaires par des moteurs électriques. Puis la division s'est accentuée; on a préconisé l'emploi de moteurs séparés pour la commande de grosses machines à fonctionnement irrégulier, absorbant plus de 5 ou 6 *ch*, et le groupement des autres machines sur des transmissions peu importantes commandées par des moteurs de 5 à 10 *ch*.

Mais actuellement, la tendance se prononce de plus en plus vers un changement plus radical, c'est-à-dire, pour la commande individuelle par moteur électrique de chaque machine, sans interposition d'aucun autre système de transmission.

Il n'y a toutefois rien d'absolu à ce sujet, et la question doit être étudiée d'une manière approfondie et spéciale à chaque cas envisagé.

La commande individuelle et la commande par groupes possèdent chacune leurs avantages particuliers, et si l'avenir paraît plus spécialement appartenir au premier système, le second trouvera encore longtemps des applications rationnelles.

La question se pose, en effet, d'une manière très différente suivant que les installations envisagées sont entièrement nouvelles et comportent un outillage nouveau à créer de toutes pièces, ou qu'il s'agit d'utiliser des installations déjà existantes, possédant déjà tout ou partie de leur outillage.

Dans le premier cas seulement, on est maître de réaliser dans leur intégralité tous les avantages que procure la commande individuelle, et c'est alors seulement que celle-ci aura complètement sa raison d'être.

Avantages de la commande individuelle.

Les avantages de la commande individuelle sont, d'une manière générale, ceux que nous avons déjà montrés comme découlant de l'emploi de l'électricité, mais poussés à leurs extrêmes limites.

1° Parmi ces avantages, nous pouvons citer en premier lieu l'indépendance complète des machines entre elles.

Chaque machine constitue, avec son moteur, une unité entièrement indépendante spécialement appropriée au travail à exécuter.

Ces diverses unités peuvent être rangées dans n'importe quel sens par rapport aux travées du bâtiment, et dans des espaces qui, sans cela, seraient considérés comme perdus; la suppression des courroies, des renvois et des débrayages permet de resserrer les intervalles entre les diverses machines et d'utiliser, dans les meilleures conditions possibles l'espace offert.

Les bâtiments peuvent être étudiés d'une manière complètement indépendante, avec la seule préoccupation d'assurer le meilleur éclairage, la meilleure aération aux ateliers à installer, et de couvrir, avec le moins de dépenses possible, la surface de terrain qu'ils occupent.

Des locaux quelconques peuvent être utilisés pour les ateliers

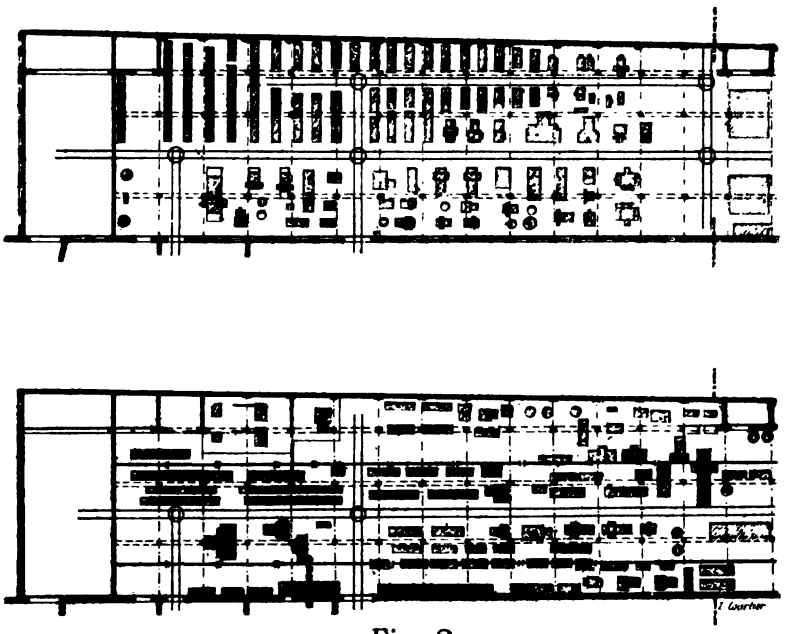


Fig. 2

et, en particulier, des bâtiments que leur constitution et leur genre de construction rendraient tout à fait inaptes à l'établissement de transmissions quelconques.

Toutes les installations devenant essentiellement amovibles, ces locaux peuvent même, dans certains cas, être simplement loués jusqu'au moment où la construction d'ateliers spéciaux viendrait à être justifiée.

Enfin, des machines de vitesses angulaires très différentes

peuvent être établies au voisinage les unes des autres, si le besoin s'en fait sentir.

Les avantages, à ces divers points de vue, de la commande individuelle, sont clairement montrés par les figures 2 et 3.

Ces figures indiquent en plan et en coupe la disposition d'un atelier de constructions mécaniques avant que la commande individuelle eût été établie et postérieurement à cette modification. Comme on le voit d'après ces figures, les arbres de transmission longitudinaux ont été supprimés ainsi que les renvois et courroies qui coupaient dans tous les sens la plus grande partie des bâtiments. Des ponts roulants ont pu être établis dans toute l'étendue des différentes travées, alors qu'ils ne pouvaient auparavant avoir accès que dans les parties non recouvertes de hachures de la figure 2.

La disposition des machines-outils a été modifiée : au lieu d'être établies parallèlement à la longueur du bâtiment, elles ont

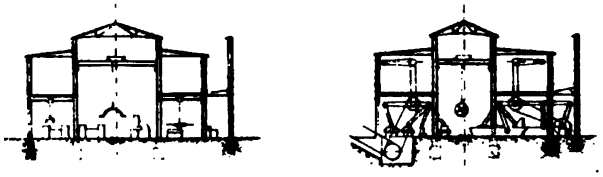


Fig. 3

pu être rangées perpendiculairement, ce qui a permis de mieux utiliser la place tout en rendant plus faciles les accès et les dégagements de chaque machine et en améliorant leurs conditions d'éclairage.

Enfin, des voies Decauville supplémentaires ont pu être établies entre les rangées de machines dont l'emploi, combiné avec celui des ponts roulants, a permis d'amener toutes les pièces jusqu'aux machines et de les enlever uniquement par des moyens mécaniques et sans causer de dérangements aux ouvriers travaillant aux autres machines.

D'autre part, chaque machine n'étant plus tributaire d'une transmission fixe pour recevoir sa puissance motrice, peut être aisément déplacée d'un endroit à l'autre de l'atelier aussitôt que les circonstances peuvent le faire désirer, et ce déplacement est d'autant plus facile qu'avec la suppression complète des courroies les ponts roulants et les moyens mécaniques de transports

intérieurs peuvent plus aisément s'établir dans toutes les parties des ateliers.

Cette faculté de déplacement peut être précieuse, soit à titre occasionnel, par exemple pour modifier la répartition des machines-outils, en prévision d'une fabrication d'appareils en série d'après des bases nouvelles ; il faut alors faire suivre aux produits fabriqués un ordre logique dans un sens déterminé, et cet ordre peut varier avec les modifications apportées aux pièces ou appareils faisant l'objet de cette fabrication de série.

Cette faculté peut aussi être utilisée à titre permanent et permet de créer des types de machines-outils véritablement transportables, et qu'on amène au voisinage des pièces à fabriquer, au lieu d'avoir à déplacer ces dernières. On évite ainsi la manutention de pièces dont les dimensions et le poids rendraient toute manœuvre très difficile, et on réalise en outre l'avantage de pouvoir faire travailler sur elles plusieurs outils d'une manière simultanée, de manière à réduire au minimum la durée de la fabrication, par exemple dans la construction des grands alternateurs et des grandes machines motrices.

Par exemple, dans la construction des grands alternateurs, on peut arriver à mettre quatre ou cinq machines-outils en travail à la fois sur les couronnes d'induit pour le perçage, le fraisage et le mortaisage de ces pièces. De même, dans la fabrication des grandes machines motrices, on peut éviter le déplacement des pièces très lourdes, telles que les bâtis, et effectuer sur place, d'une manière simultanée, les diverses opérations de perçage, desserrage et alésage de ces pièces.

Beaucoup d'outils peuvent même devenir tout à fait portatifs, notamment les perceuses électriques dont l'emploi se répand de plus en plus dans tous les ateliers de mécanique, de grosse chaudronnerie et de constructions navales, les machines à meuler, les machines à affûter, les machines à fraiser, etc., toutes ces machines pouvant être commandées directement par le moteur électrique, soit indirectement par flexibles ou par tiges articulées.

2° Au point de vue du rendement, la commande individuelle, judicieusement employée, présente, dans beaucoup de cas, un avantage marqué sur la commande par groupe.

En effet, s'il est exact que les moteurs de faible puissance utilisés dans la commande individuelle ont une infériorité de rendement sensible sur les moteurs employés dans la commande

par groupes, par contre, les transmissions mécaniques sont entièrement supprimées, ainsi que les pertes qu'elles entraînent.

D'autre part, la commande individuelle permet de proportionner exactement la consommation d'énergie au travail produit, chaque machine-outil n'absorbant de la puissance que quand elle est en travail effectif.

Or, la proportion de temps durant lequel une machine fonctionne par rapport à la durée totale du service, ou, en d'autres termes, le coefficient d'activité de cette machine, est souvent assez faible.

Notre collègue, M. Hillairet, dans un mémoire sur les « Transmissions électriques dans les ateliers » paru en 1895 dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement*, a cherché à établir une formule permettant d'apprécier le rendement vrai d'une transmission, en fonction du coefficient, moyen d'activité des diverses machines actionnées.

Il est arrivé à la formule suivante :

$$R = \frac{\rho}{1 + (K - 1)(1 - \rho)}$$

où :

R est le rendement vrai,

ρ le rendement de la transmission actionnant toutes les machines,

$\frac{1}{K}$ le coefficient d'activité de ces dernières.

Supposons par exemple :

$$\rho = 0{,}70,$$

$$\frac{1}{K} = 0{,}50,$$

La valeur correspondante du rendement vrai s'abaissera à 0,54.

On voit donc combien grande est l'influence du coefficient d'activité $\frac{1}{K}$ sur le rendement moyen des transmissions mécaniques.

Ce coefficient d'activité est très variable ; il est le plus élevé dans les fabrications des pièces en série, pour lesquelles la marche de l'atelier est le plus régulière ; il est beaucoup plus faible dans les ateliers de constructions mécaniques travaillant de grosses

pièces qui exigent beaucoup de temps pour être établies sur les machines-outils, et il est tout à fait bas dans les ateliers de réparations, qui ont un travail irrégulier, par suite duquel on voit souvent de longues transmissions mises en mouvement pour actionner à peine quelques outils disséminés dans l'atelier.

L'Allgemeine Electricitäts Gesellschaft a fait des essais très précis et très minutieux ayant pour but d'apprécier les dépenses comparatives d'énergie dans le cas de la commande individuelle et de la commande par groupe.

Ces essais ont porté sur un atelier comprenant :

16 machines-outils (4 tours de 250 *mm* hauteur de pointe, 3 tours révolvers dits Gisholt, 7 machines à percer, 1 étau limeur et 1 machine à fraiser.

Ces machines étaient bien concentrées sur une transmission relativement très courte, et elles étaient affectées à une fabrication de pièces en série, toutes conditions particulièrement favorables à la commande par groupes.

La puissance totale absorbée par les 16 machines fonctionnant à la fois à vide, à leur vitesse maxima, atteignait environ 12,5 kw.

La puissance nécessaire pour entraîner à vide l'arbre principal et ses renvois s'élevait à 3,64 kw, correspondant à une dépense d'énergie de 36,4 kw-h pendant dix heures par jour.

Les observations très minutieuses faites pendant une semaine consécutive permirent de faire les constatations suivantes :

1° La proportion moyenne de machines en marche simultanément, c'est-à-dire le coefficient d'activité moyen $\frac{1}{K}$, ne dépassait pas 0,60.

2° La moyenne durant la semaine de la consommation journalière d'énergie s'élevait à 57,70 kilowatts-heures.

Les essais furent repris en affectant à chaque machine-outil un moteur spécial. Les conditions de cet essai n'étaient pas très favorables à la commande individuelle, car les moteurs n'actionnaient pas directement leurs machines correspondantes, mais par l'intermédiaire d'un renvoi établi au plafond. Néanmoins, la consommation d'énergie fut inférieure pour chaque jour de la semaine à celle constatée auparavant et, pour la moyenne de la semaine entière, elle s'abaissa à 51 kilowatts-heures par jour, c'est-à-dire à 88 0/0 de la valeur trouvée dans le premier cas.

D'autres essais furent effectués dans le but de déterminer les puissances comparatives maxima absorbées dans l'une et l'autre hypothèses. Ces essais furent faits d'abord en faisant marcher la transmission à vide, puis en mettant en service successivement chaque machine-outil tournant à sa vitesse maxima, enfin en répétant les mêmes opérations avec la commande individuelle.

On constata que la puissance totale, avec tous les outils embrayés, s'élevait dans ce dernier cas à 16 kilowatts contre 12,5 kilowatts dans le premier; mais si on tenait compte de ce qu'en moyenne les machines-outils en travail absorbent une puissance sensiblement inférieure à celle correspondant à la marche à vide à vitesse maxima (en moyenne les 2/3 pour l'atelier considéré), on trouvait, en faisant la correction correspondante, que les puissances maxima, avec tous les outils embrayés, s'abaissaient respectivement de 9 et 9,5 kilowatts.

Le léger avantage que possédait encore la commande par groupe disparaissait aussitôt qu'il n'y avait que 14 outils sur 16 en service, et quand ce nombre s'abaissait à celui correspondant au coefficient d'activité moyen trouvé pour les machines, la commande individuelle reprenait un avantage de 12 à 15 0/0, donnant ainsi un résultat tout à fait concordant avec les premiers essais effectués, basés sur la lecture des compteurs.

Les mêmes essais furent repris en ne faisant travailler qu'une portion restreinte des machines-outils de l'atelier (le cas s'en présente souvent dans la pratique, par exemple quand certaines fournitures en dehors du travail courant doivent être faites dans un délai très court, comme la fabrication de pièces de rechange).

Ces essais donnèrent, en faveur de la commande individuelle, un avantage allant jusqu'à 45 à 50 0/0.

Il y a lieu de remarquer que les machines-outils étaient toutes de dimensions modérées, absorbant des puissances comprises entre 1/4 de cheval et 2 *ch*, c'est-à-dire rentraient tout à fait dans la catégorie de celles qui paraissaient autrefois devoir être réservées à la commande par groupes.

La supériorité contestée dans ce cas pour la commande individuelle, au point de vue du rendement, n'en est que plus significative.

3° Un troisième avantage de la commande individuelle réside dans la faculté qu'elle procure de régler électriquement la vitesse de chaque machine.

Cette faculté est très précieuse pour la commande des ma-

chines-outils des ateliers de constructions mécaniques, et permet d'en augmenter sensiblement la production.

En effet, la vitesse de coupe de ces machines est principalement limitée par l'échauffement de l'outil, et l'on doit chercher à se rapprocher de cette limite aussi près que possible pour obtenir la production maximum. Or cette limite correspond à des vitesses de rotation bien différentes : pour toutes les machines-outils, ces dernières varient avec la nature du métal travaillé : bronze, fonte, acier doux ou acier dur; mais pour les machines rotatives, telles que les tours et les machines à percer, elles varient aussi très considérablement avec les dimensions des pièces à travailler.

Généralement, les variations nécessaires sont obtenues par des moyens mécaniques : trains d'engrenages ou cônes de poulies. Mais comme le rapport de vitesses extrêmes à réaliser est très élevé (il atteint souvent 15 à 1 et même davantage pour les très grands tours), il y a fatalement des sauts brusques de vitesse, l'écart atteignant généralement 40 à 50 0/0 d'un degré à l'autre de l'échelle des vitesses. Il n'est donc pas possible de maintenir la vitesse de coupe à sa valeur maxima, et il en résulte une diminution de la production d'autant plus sensible que l'ouvrier n'a pas de moyens bien certains d'apprécier si la vitesse de coupe est trop faible, et qu'il effectue toujours trop tardivement les changements de vitesse nécessaires. Enfin l'opération même du changement de vitesse mécanique avec les cônes de poulies est assez pénible, sur les fortes machines, et fait perdre un temps assez considérable.

Au contraire, avec la commande électrique, il est possible de faire varier la vitesse de coupe par degrés insensibles et de la maintenir constamment du commencement jusqu'à la fin du travail à la valeur maxima correspondant à la nature du métal à travailler et à la résistance de l'outil.

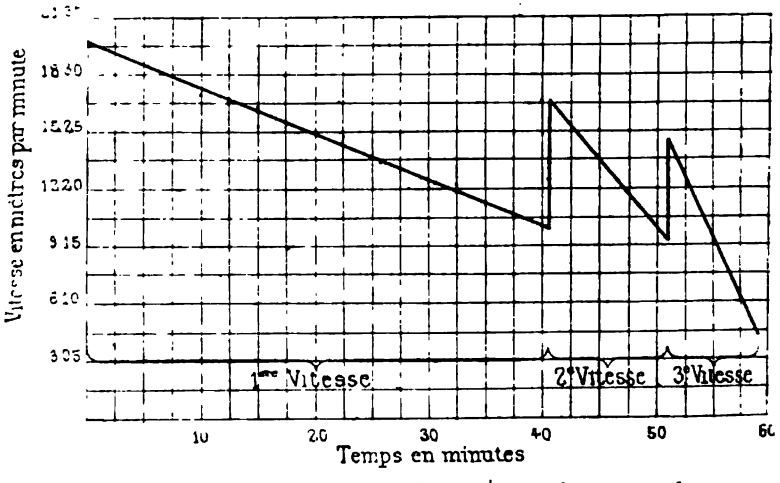
Depuis quelques années, l'emploi d'outils spéciaux et étudiés pour la première fois aux aciéries de Bethléem et constitués par des aciers au tungstène et au vanadium, trempés par des procédés nouveaux, ont permis de porter la vitesse et l'épaisseur de la coupe à des valeurs qui eussent paru auparavant peu croyables.

Ces outils spéciaux, employés sur des machines de très grande puissance, donnent donc une production extrêmement élevée correspondant à une énorme diminution de la main-d'œuvre et du prix de revient. Mais leurs avantages ne peuvent être plei-

nement réalisés qu'avec un système de réglage de la vitesse continu et parfait, et seule la commande électrique permet d'y arriver.

Des essais dont il a été rendu compte à la Société des Ingénieurs électriciens américains, effectués avec une même machine-outil utilisant dans un cas des changements de vitesse mécaniques, et dans l'autre un réglage électrique de la vitesse, auraient permis de constater une rapidité de travail presque deux fois plus grande dans le second cas que dans le premier, même en faisant abstraction du temps perdu dans le premier cas pour le passage de la courroie d'une poulie à l'autre du cône de poulies.

Ces expériences sont résumées par les courbes des figures 4



Vitesse de coupe et temps nécessité pour dresser un disque en fonte de 1m,829, en employant 3 vitesses d'un cône de poulie

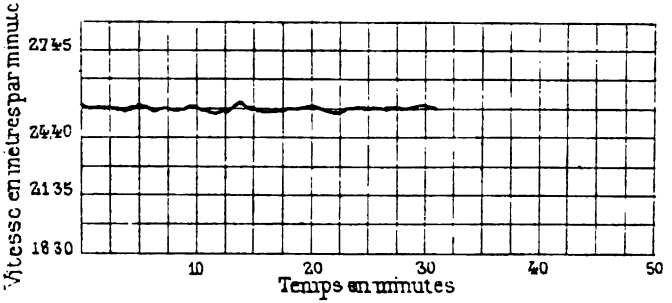
Fig. 4

et 5 qui indiquent les vitesses de coupe et les temps employés pour le dressage d'un disque en fonte de 1,80 *m* de diamètre.

Dans le premier cas (réglage mécanique) la vitesse de coupe a varié de 20 *m* à 6 *m* par minute, et n'a pas dépassé une moyenne de 13 *m*, tandis que dans le second cas (réglage électrique), elle a pu être maintenue depuis le commencement jusqu'à la fin à la valeur maximum de 25 à 26 *m*.

Bien entendu, il ne faut pas attacher un caractère [général à des résultats trouvés dans des expériences ayant un caractère si spécial : en effet, la vitesse de travail d'une machine-outil est

souvent limitée par d'autres considérations que l'échauffement de l'outil, et en particulier par la résistance de la pièce à travailler et la nature de l'opération à effectuer. Néanmoins, le réglage continu de la vitesse n'en reste pas moins un facteur très important de la production, et il constitue un très sérieux avantage de la commande individuelle par moteur électrique.



Vitesse de coupe et temps nécessité pour dresser un disque en fonte de 1m,829, en employant un tour actionné par un moteur à vitesse variable

Fig. 5

De l'ensemble des considérations que nous venons d'exposer il résulte, en définitive, que la commande individuelle doit être préférée dans tous les cas où l'indépendance complète des diverses machines offre des avantages marqués, et surtout quand le travail des différentes machines est peu régulier, entrecoupé de périodes d'inactivité importantes, quand les pièces à usiner sont d'un poids considérable faisant désirer d'en effectuer la manutention par des procédés entièrement mécaniques, quand il y a avantage à réaliser des variations continues de la vitesse, enfin, quand les machines à actionner sont de moyenne ou grande puissance (par exemple de puissance égale ou supérieure à 2 ou 3 *ch.*)

Ces circonstances se trouvent tout particulièrement réunies dans les ateliers de grosse mécanique, dans les ateliers de réparations importantes, tels que les ateliers des Compagnies de Chemins de fer, et dans les grandes imprimeries.

Dans les industries travaillant le bois, les avantages procurés par la suppression complète des courroies doivent également faire donner la préférence à la commande individuelle.

Il en est de même dans les tissages de soie par suite de la plus grande propreté qu'elle permet de réaliser, de la constance

plus grande de la vitesse et de la faculté d'arrêt rapide ou de renversement de la marche par la simple manœuvre d'un interrupteur.

Dans les filatures, les deux systèmes ont été également employés avec succès ; tantôt les moteurs fixés au plafond sont munis à chacune de leurs extrémités de deux poulies leur permettant de commander par courroies au total 4 machines simultanément, tantôt ces moteurs sont directement accouplés à ces machines, soit par paires, soit isolément, sans interposition d'aucune courroie. Cette dernière solution s'emploie plus particulièrement dans les filatures ne fabriquant que les mêmes natures de tissus, et pour lesquelles il n'y a pas intérêt à se ménager la faculté de changer la vitesse par un changement des poulies de transmission.

Dans les ateliers de petite mécanique, possédant des machines-outils de faibles puissances individuelles (fractions de cheval), travaillant des pièces de faible poids, faciles à transporter à la main et fabriquées en série dans des conditions qui assurent un coefficent d'activité élevé à tout l'outillage, la commande par groupes trouve plus particulièrement sa raison d'être et a de bons motifs d'être préférée, du moins quand il s'agit d'utiliser un outillage existant.

C'est le cas, en particulier, des fabriques d'armes à feu, des fabriques de bicyclettes, d'automobiles, etc., et les usines d'Herstal, près Liège (fabrique d'armes), de la Société Clément, près Paris (bicyclettes et automobiles) donnent des exemples d'applications judicieuses à ce genre d'industries de la commande par groupes.

Les différents groupes doivent comprendre, dans ce cas, des machines similaires travaillant simultanément autant que possible, et réunies par puissances globales modérées (5 à 10 *ch*), donnant lieu à des transmissions très légères et permettant néanmoins l'emploi de moteurs à rendements déjà très satisfaisants.

Néanmoins, quand on examine la question de près, on doit reconnaître que le moteur électrique, même aux plus faibles puissances, est un organe si simple, si robuste, d'un fonctionnement si sûr et si économique, son encombrement et son prix sont relativement si faibles, son adaptation à la commande de toutes sortes de machines si facile par des moyens si variés et offrant tant de combinaisons avantageuses, que le système de commande

individuelle demeure très séduisant dans tous les cas de la pratique, et même dans ceux que nous venons d'examiner et qui paraissent particulièrement réservés à la commande par groupes.

Comme, d'autre part, les systèmes de transmission mécaniques prêtent toujours à objections sérieuses, même aux très faibles puissances, il y a lieu de croire que la commande individuelle obtiendra finalement la faveur dans tous les cas et dans toutes les industries quand, avec les développements progressifs de l'électricité, de bons types de machines à commande électrique auront été étudiés, créés et vulgarisés pour toutes les applications possibles.

Il en existe déjà pour nombre d'appareils n'absorbant que des fractions de cheval, tels que les ventilateurs, les machines à coudre, les perceuses portatives, etc., et leur succès est une garantie de celui qu'obtiendront d'autres applications similaires de la commande électrique individuelle aux machines de très faibles puissances.

CHAPITRE III

Dispositions à adopter pour la commande électrique.

Les dispositions à adopter varient à l'infini suivant les applications et le type des machines à actionner; dans la plupart des cas, leur réalisation n'offre guère de difficultés, même quand ces machines n'ont pas été spécialement étudiées en vue de la commande électrique.

Quand ils n'ont pas à satisfaire à des conditions spéciales, les moteurs choisis doivent, de préférence, être constitués par des types courants, pouvant s'acquérir plus vite, à moins de frais, et offrant, en outre, l'avantage d'être déjà éprouvés et expérimentés.

Pour une même installation, ils doivent autant que possible se ramener à peu de modèles différents, de manière à simplifier les rechanges et les réparations.

La plupart des maisons de constructions électriques établissent maintenant pour cet usage des types à peu près analogues comme dispositions extérieures, et constitués par des moteurs demi-enfermés dans une carcasse en fonte d'acier entourant les

parties mobiles et constituant le circuit magnétique (dans le cas des moteurs à courant continu), ou maintenant les tôles d'acier qui constituent ce circuit (dans le cas des moteurs à courants polyphasés).

Les paliers sont pris dans des flasques latérales boulonnées à cette carcasse.

Ce mode de construction, qui conduit à une fabrication économique, car presque tout le travail peut se faire sur le tour, permet de constituer des moteurs qui peuvent s'installer dans toutes les positions possibles par rapport à leurs axes, c'est-à-dire soit fixés au plafond, soit placés contre un mur ou une colonne, soit supportés par un plancher ou par une fondation à la manière ordinaire.

Il en résulte donc de grandes facilités pour leurs emploi dans les divers cas qui peuvent se présenter.

La vitesse de rotation des moteurs électriques doit être élevée, par raison d'économie. Pour les puissances inférieures à 15 ou 20 *ch*, cette vitesse est généralement comprise entre 1 000 et 1 500 tours; elle est donc presque toujours plus élevée que celle des appareils à conduire, ce qui nécessite l'emploi d'une réduction de vitesse pour la commande.

Cette réduction de vitesse peut être réalisée de diverses façons.

Elle peut s'obtenir au moyen d'une simple commande par courroie entre le moteur et la poulie de la machine à commander, tant que la vitesse de cette dernière n'est pas inférieure à 250 ou 300 tours.

Pour permettre de régler la tension de la courroie, le moteur électrique est alors généralement porté sur glissières.

Quand il s'agit de faibles puissances et de moteurs de faible poids, ceux-ci sont souvent disposés comme l'indiquent les figures .

La carcasse du moteur est alors supportée d'un côté par une charnière horizontale, et de l'autre par un fort ressort à boudin dont la tension peut être réglée à volonté. En agissant sur ce ressort, on peut régler la tension de la courroie à la valeur la plus convenable et obtenir une bonne commande, même avec un rapport de réduction élevé. Ce dispositif donne, en outre, une excellente suspension élastique atténuant l'influence des à-coups, et il fournit un moyen facile de débrayer la charge, si nécessaire, au moment de la mise en marche du moteur.

Quand le rapport des diamètres des poulies est très grand et que les circonstances conduisent, en outre, à rapprocher beaucoup le moteur de l'arbre qu'il doit actionner, on peut employer des systèmes spéciaux de commande par courroie dont la figure 6 donne un exemple.

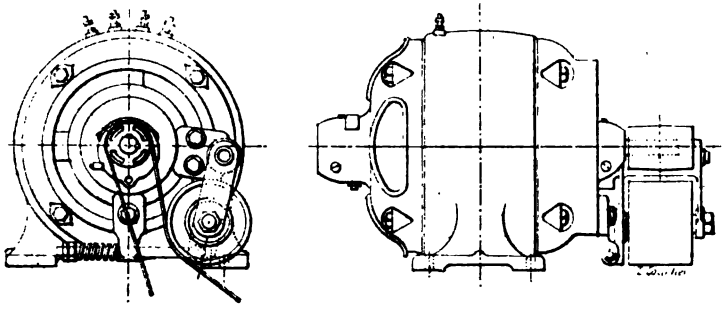


Fig. 6

Dans ce système, l'arc d'enroulement de la courroie sur la petite poulie est considérablement augmenté, ce qui permet de de diminuer les tensions de ses deux brins et, par suite, la section de cette courroie, ainsi que l'effort total sur le palier.

La tension du brin conduit est réglée par un ressort qui donne en outre de l'élasticité à la commande, et qui atténue les chocs auxquels pourraient donner lieu, sur le moteur, des variations brusques de l'effort à développer (notamment pour les cisailles, les poinçonneuses, etc.).

Les mêmes résultats peuvent être obtenus par l'appareil dit « enrouleur » du Capitaine Leneveu; il a déjà été fait, en France, beaucoup d'applications de cet appareil à la commande électrique, et il va, notamment, être utilisé sur une grande échelle dans les nouvelles installations de l'Imprimerie Nationale, pour la commande électrique individuelle de toutes les machines qui y seront établies.

La réduction de vitesse peut aussi se faire par un train d'engrenages; souvent alors, le pignon est en cuir vert afin de diminuer le bruit et les vibrations. Généralement le pignon et la roue d'engrenages sont enveloppés dans un carter semblable à celui des moteurs de traction, et les paliers du deuxième arbre sont pris dans la carcasse du moteur, de manière à ne constituer qu'un ensemble de ce moteur et de sa réduction de vitesse.

La réduction de vitesse par engrenages s'emploie en pratique avec des rapports variant de 4 à 6 et même à 8; elle permet aux moteurs d'attaquer directement des arbres de transmission tournant aux vitesses usuelles de 150 à 160 tours.

L'arbre supplémentaire portant la roue d'engrenages peut, d'ailleurs, être muni, à son extrémité opposée, d'une poulie permettant d'attaquer par courroie l'appareil à commander, ce qui donne le moyen de réaliser une deuxième réduction de la vitesse (voir figure 6 bis).

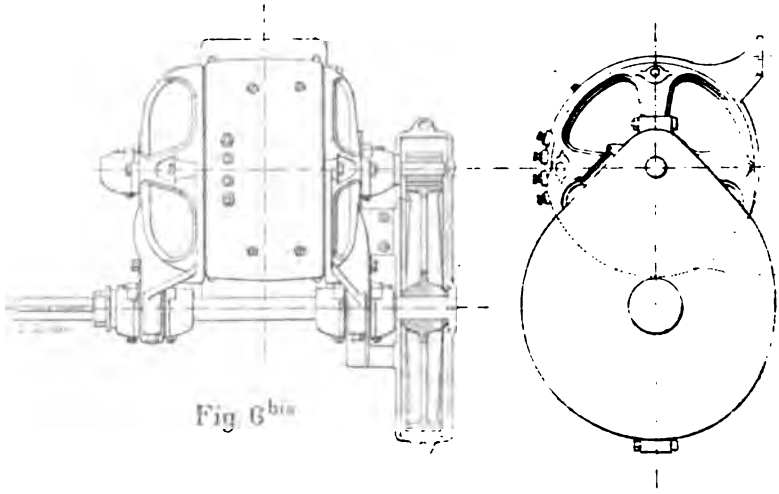


Fig 6bis

Enfin, dans certains cas, le train d'engrenages est remplacé par une transmission par vis sans fin qui permet d'obtenir en une seule fois une réduction de vitesse encore plus considérable, au prix, toutefois, d'un certain sacrifice pour le rendement. Cette disposition est fréquemment employée dans la commande électrique des appareils de levage (ponts roulants, treuils, monte-charges, etc.), surtout quand on désire utiliser la propriété de non-réversibilité des vis sans fin pour le freinage à la descente.

Pour ce qui concerne plus particulièrement les machines-outils, pour la plupart desquelles il y a lieu de réserver des moyens mécaniques de changements de vitesse, divers dispositifs peuvent être employés dont quelques exemples sont montrés par les figures 7 et 8 jointes au présent texte.

Dans la machine à percer indiquée par la figure 7, le moteur a été placé dans le socle, et commande par train d'engrenages

le cône de poulies inférieur. Avec une vitesse fixe de 1 440 tours au moteur, on dispose, grâce au cône de poulies et au double train d'engrenages placé à la partie supérieure, de six vitesses différentes variant de 42 à 485 tours par minute.

Pour le tour vertical de la figure 8, l'adaptation de la commande électrique s'est faite en ajoutant à la machine une colonne destinée à supporter le palier extérieur de l'arbre portant la poulie de commande et le cône de poulies. Le moteur, muni d'une réduction de vitesse par engrenages, est établi sur le sol derrière la machine et porté sur glissières.

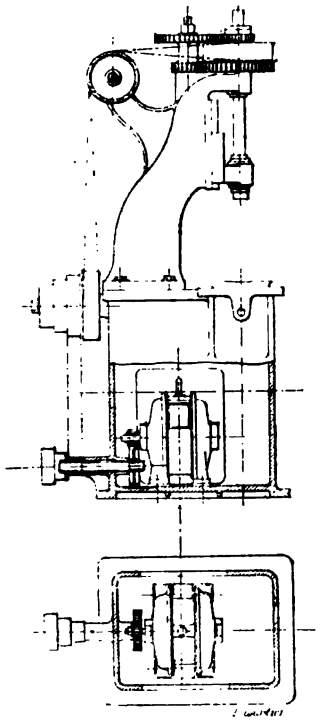


Fig. 7

Dans d'autres cas, le moteur a été placé, au contraire, au-dessus de la machine, et il commande par engrenages le cône de poulies de la machine établi séparément.

Dans certains cas, on a cherché à combiner l'arrêt du moteur avec le débrayage de la transmission. Dans ce but, on a établi l'arbre portant la poulie de commande et le cône servant à la variation de vitesse à l'extrémité d'un bâti en fonte pouvant osciller autour d'une articulation horizontale. Le mouvement du bras est combiné avec la commande de l'interrupteur du moteur de telle façon que les deux opérations de débrayage et d'interruption du courant s'effectuent simultanément.

Quand les machines-outils sont étudiées spécialement en vue de la commande électrique, la disposition du moteur, de sa transmission et de ses accessoires peut être encore plus judicieusement choisie, de manière à ne constituer, avec la machine proprement dite, qu'un ensemble porté par le même bâti.

Comme type de machines-outils moderne à commande électrique, nous pouvons citer particulièrement le tour actuellement en construction chez MM. Elwell et Seyrig et dont il a été déjà fait des descriptions par diverses publications. Ce tour est inté-

ressant par sa très grande puissance et les dispositions ingénieuses de ses diverses parties, qui ont été combinées de manière à obtenir le maximum de production de la machine.

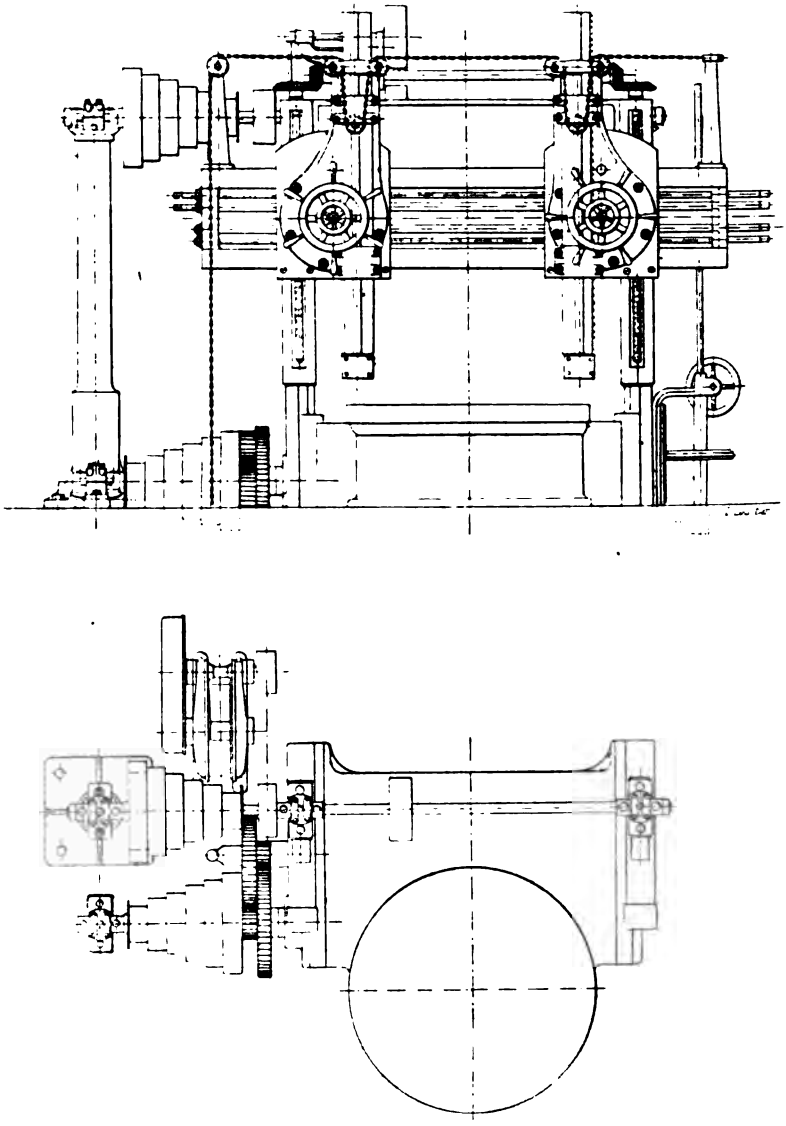


Fig. 8

Ce tour est étudié pour charioter, à la vitesse tangentielle de 40 *m* par minute, des pièces ayant un diamètre de 100 à 400 *mm*, et de fileter à une vitesse de 9 *m*. Les deux outils travaillant

ensemble peuvent enlever un copeau de 20 mm^2 dans de l'acier à 55 *kg* de résistance, ce qui permet, à la vitesse tangentielle de 40 *m* par minute, d'enlever à l'heure l'énorme poids de *360 kg de métal*. Les outils doivent, bien entendu, être constitués avec les aciers spéciaux au tungstène et au vanadium dont nous avons déjà parlé, et être soumis à un arrosage énergique.

Afin de maintenir constamment la puissance de production à son maximum, quel que soit le travail à effectuer, les variations de la vitesse peuvent être obtenues électriquement sur une échelle étendue (dans le rapport 1 à 3 et même 1 à 4 au besoin).

Le moteur possède une puissance de 30 *ch* effectifs et commande l'arbre du mandrin par engrenages sans interposition d'aucune courroie.

L'arrêt peut s'obtenir soit électriquement par la manœuvre du contrôleur de vitesse, soit mécaniquement, en amenant dans sa position médiane le levier d'embrayage A. La manœuvre à gauche et à droite du même levier permet en outre d'obtenir mécaniquement deux vitesses différentes possédant entre elles un rapport d'environ 2,4; la vitesse du mandrin peut, ainsi, par la combinaison des changements de vitesses mécaniques et électriques, être variée dans le rapport de 1 à 7 et même 1 à 8 si cela était désiré, ce qui est plus que suffisant étant donnée la faible hauteur de pointe du tour.

Tous les leviers permettant d'effectuer les diverses manœuvres d'embrayages, de changement d'avance au chariotage, de passage du chariotage au filetage, de changement de sens du chariotage au filetage, etc., sont groupés, avec la manette du contrôleur, au milieu de la machine, à portée de l'ouvrier, et enclenchés entre eux de manière à éviter toute fausse manœuvre. On obtient ainsi le maximum de sécurité et de rapidité dans l'exécution des diverses opérations.

Cette machine, très bien étudiée dans tous ses détails, est destinée aux Ateliers de la Société Postel-Vinay, et doit y être spécialement affectée au travail des essieux et arbres de dynamos qu'elle permettra d'effectuer avec une dépense de main-d'œuvre très réduite.

CHAPITRE IV

Dépenses de premier établissement entraînées par la commande électrique.

Cette question est évidemment très importante aux yeux de l'industriel ; elle a fait souvent l'objet de vifs débats et d'appréciations erronées.

Il est d'ailleurs nécessaire, pour éviter tout malentendu, de bien distinguer les cas.

Quand il s'agit d'ateliers déjà existants, l'emploi de la commande électrique entraîne inévitablement des dépenses supplémentaires plus ou moins importantes et il y a lieu alors, pour l'industriel, d'apprécier si le sacrifice qu'il fera pour l'établissement de la commande électrique est suffisamment justifié par les avantages qu'il pourra en tirer, et que nous avons passés en revue dans ce qui précède.

Mais quand il s'agit d'ateliers nouveaux, la situation est toute différente ; dans la majorité des cas, une étude attentive permettra de reconnaître que les dépenses spéciales afférentes à l'établissement de la commande électrique, et comprenant les frais d'installation des dynamos génératrices, des canalisations et des moteurs sont largement compensées par les économies provenant de la suppression des transmissions mécaniques et de leurs accessoires, de la construction plus légère et plus économique des bâtiments, de la moindre hauteur qu'il devient possible de leur donner dès lors qu'il n'y a plus à réserver la place nécessaire aux transmissions aériennes, de la diminution de la surface à construire et, dans une mesure plus faible bien qu'encore appréciable, de la réduction de la puissance de la station motrice et de la faculté d'employer pour celle-ci des moteurs à marche rapide ou des types spécialement appropriés à la commande de dynamos et particulièrement économiques (tels par exemple que les turbines à vapeur).

Au point de vue des dépenses de premier établissement, la commande par groupes pourra, dans certains cas, être reconnue plus avantageuse que la commande individuelle. Mais, de nombreux devis effectués dans les deux hypothèses, il résulte que la différence est toujours à peu près insignifiante et, bien qu'il soit difficile de donner des chiffres précis sur des sujets présentant

un tel caractère de variabilité, on peut néanmoins affirmer avec presque certitude que cette différence, en ce qui concerne les ateliers de construction, ne dépassera jamais 3 à 4 0/0 des dépenses totales de premier établissement afférentes à l'ensemble de l'outillage de ces ateliers, et cela même quand la puissance individuelle des machines à actionner est faible et inférieure en moyenne à 1 *ch.* La question de prix de premier établissement ne doit donc pas, à l'inverse de l'opinion généralement répandue, être considérée comme un sérieux obstacle à l'emploi de la commande individuelle.

Pour réaliser dans les meilleures conditions la commande électrique, il faut tout d'abord choisir judicieusement la puissance du moteur à employer dans chaque cas. Ce choix a de l'importance, non seulement au point de vue des dépenses de premier établissement, mais aussi au point de vue du rendement de la transmission.

Pour assurer le bon fonctionnement des moteurs et réduire au minimum les dépenses de renouvellement et d'entretien, il faut éviter de les surcharger d'une manière exagérée. L'usure et l'entretien, d'abord insignifiants quand les conditions sont normales, augmentent rapidement quand la charge moyenne et l'élévation de température des moteurs dépassent certaines limites. On sera également dans de très bonnes conditions en s'astreignant à ne pas dépasser une température absolue de 70 à 75° centigrades pour aucune partie des enroulements, c'est-à-dire à ne pas dépasser une élévation de température d'environ 45° centigrades.

L'échauffement des moteurs dépendant de la valeur moyenne de leur charge, ceux dont les périodes d'activité sont courtes et entremêlées de périodes d'arrêt fréquentes et relativement importantes pourront donc être plus surchargés que ceux destinés à fonctionner d'une manière régulière et continue; c'est particulièrement le cas des moteurs appliqués aux appareils de levage.

Cet échauffement dépendant aussi beaucoup de la plus ou moins bonne ventilation des moteurs, il y a intérêt à choisir des types où celle-ci soit assurée aussi parfaitement que possible pour toutes les parties des enroulements actifs, et à éviter l'emploi de moteurs complètement enfermés, partout où les conditions particulières du travail à effectuer ne rendent pas désirable ce système de construction au point de vue de la sécurité du fonctionnement.

Enfin, le rendement étant généralement le plus élevé pour les valeurs de la charge comprises entre la demi-charge et une surcharge de 40 à 50 0/0, il y a intérêt au point de vue de la consommation d'énergie à placer les conditions habituelles du fonctionnement des moteurs entre ces limites, qui sont d'ailleurs suffisamment étendues pour qu'il soit facile de satisfaire ce desideratum sans multiplier outre mesure les types différents de moteurs employés.

Dans la commande par groupes, il faut tenir compte de ce que les machines desservies ne sont jamais toutes simultanément en service, et de ce que celles qui sont en fonctionnement n'absorbent jamais toutes à la fois leurs puissances maxima. Dans bien des cas, et notamment pour ce qui concerne les ateliers de construction, on se trouvera dans de bonnes conditions en adoptant comme puissance nominale du moteur la moitié de la somme des puissances maxima absorbées par chacune des machines à commander, du moins aussitôt que le nombre de ces dernières dépasse 10 à 12.

Dans le cas de la commande individuelle, il faut tenir compte de ce que les intervalles de repos permettent sans inconvénients d'augmenter la valeur du travail effectif moyen durant les périodes d'activité : pour les machines-outils à puissance variable, on se trouvera souvent dans de bonnes conditions en admettant une puissance nominale du moteur égale aux 2/3 de la puissance maxima absorbée par la machine dans ses conditions extrêmes.

Bien entendu, comme les types différents ne doivent pas être multipliés à l'excès, il faudra choisir en pratique, dans la série adoptée, ceux dont les puissances nominales seront les plus voisines de celles déterminées à l'aide des considérations ci-dessus.

Du reste, il est très facile de se rendre compte, à l'aide d'un simple ampèremètre, de la puissance absorbée en service courant par chaque machine, et d'apprécier si le moteur qui la dessert est trop chargé ou ne l'est pas assez. Pour faciliter ces constatations, il est d'une bonne pratique de ménager dans le circuit de chaque moteur un shunt de résistance appropriée à la puissance de ce moteur et permettant d'effectuer toutes les vérifications à l'aide d'un simple millivoltmètre portatif. On aura ainsi à peu de frais un moyen de contrôle commode et précis des conditions de fonctionnement.

La puissance à fournir à chaque machine comprend :

1° Celle nécessaire pour surmonter les résistances passives ;

2° Celle qui correspond au travail effectif des outils.

La puissance absorbée par les résistances passives varie presque proportionnellement à la vitesse, et généralement elle augmente même un peu plus vite que celle-ci. Aussi, à la vitesse maxima, la perte due à ces résistances passives est-elle souvent très considérable par rapport au travail effectif, notamment pour les tours verticaux de grand diamètre dont la partie mobile pèse un poids très considérable et supporte en outre des pièces à travailler très lourdes. Pour des machines de ce genre, nous avons eu fréquemment l'occasion de constater pour l'importance des résistances à vide une proportion de 65 à 70 0/0 du travail total absorbé en fonctionnement effectif.

Ci-après, nous donnons, à titre de renseignement, un tableau indiquant, en chiffres ronds, d'après des expériences faites par M. O. Lasche, ingénieur en chef de l'Allgemeine Electricitäts Gesellschaft, les puissances absorbées par quelques types de machines-outils les plus usuelles marchant à vide à leurs vitesses maxima.

Tours à fileter.

HAUTEUR DE POINTES	DISTANCES ENTRE POINTES	PUISSANCE ABSORBÉE A VIDE à la vitesse maxima
200 *mm*	1 *m* à 2 *m*	1/2 *ch*
250 à 300	1,50 à 2,50	1
350 à 400	2,50 à 3,50	1,5
400 à 500	3,50 à 4,50	2

Tours à plateau.

DIAMÈTRE DU PLATEAU	DIAMÈTRE MAXIMUM A TOURNER	PUISSANCE ABSORBÉE A VIDE à la vitesse maxima
1 *m*	1,20 *m* à 1,50 *m*	2 *ch*
1,50	2 *m*	3
2,25	3	5
4,00	5	10

Tours revolver.

HAUTEUR DE POINTES	LONGUEUR MAXIMA	PUISSANCE MAXIMA ABSORBÉE A VIDE
230 *mm*	0,840 *m*	1 *ch*
300	0,840	2
425	1,600	5

Machines à percer.

DIAMÈTRE MAXIMUM ADMISSIBLE sur la table	DISTANCE MAXIMA DU PORTE-FORET à la table	PUISSANCE MAXIMA ABSORBÉE A VIDE
150 à 200 *mm*	230 à 900 *mm*	1/2 *ch*
250 à 350	0,80 à 1,20 *m*	1
1 à 2 *m*	1,20 à 2,00	2

Machines à fraiser.

DIMENSIONS DE LA TABLE	DISTANCE MAXIMA DE L'AXE PORTE-FRAISE à la table	PUISSANCE MAXIMA ABSORBÉE A VIDE
1,50 $\times$ 0,280 *m*	0,560 *m*	1 *ch*
1,80 $\times$ 0,335	0,560	3
3,00 $\times$ 1,300	1,120	5

Machines à mortaiser.

COURSE	DIMENSIONS DE LA TABLE	PUISSANCE ABSORBÉE A VIDE
125 *mm*	300 $\times$ 300 *mm*	1/2 *ch*
150	500 $\times$ 400	1
200	700 $\times$ 700	1,5

En fonctionnement effectif, il y a lieu d'ajouter aux puissances absorbées à vide celles absorbées par le travail des outils sur le métal.

D'après les expériences de MM. Huillier et Frémont, ce travail s'élèverait, par kilogramme de copeaux enlevés dans de l'acier à 55 *kg*, à :

18 à 25 000 kilogrammètres pour les tours ;
30 à 40 000 — pour les machines à raboter, à mortaiser et les clous limeurs ;
40 à 60 000 — pour les machines à percer et à fraiser.

Le rendement des machines s'améliore, en général, quand le travail effectif augmente ; dans les machines modernes à coupes très puissantes et à grande puissance de production, ce rendement tombe rarement au-dessous de 60 0/0. Avec ces machines, le travail total varie peu avec la vitesse de fonctionnement et demeure sensiblement constant quelles que soient les dimensions des pièces à travailler.

Dans des essais faits sur un tour de 650 *mm* de hauteur de pointe travaillant à une même vitesse de coupe de 23 *m* par minute, et enlevant la même section et le même poids de copeaux par unité de temps, la puissance n'a varié que de 12,4 *ch* à 12,8 *ch*, c'est-à-dire d'à peine 3,5 0/0 quand la vitesse de rotation du mandrin a passé de 24 à 36 tours par minute, c'est-à-dire a augmenté de 50 0/0.

Dans ces conditions, la puissance à donner au moteur peut être calculée sur des bases beaucoup plus précises ; mais, dans tous les cas, il sera facile de faire ce choix d'après les indications données par le fournisseur des machines à commander.

Les puissances des moteurs à consacrer à la commande de chaque machine, une fois bien déterminées, il devient facile d'apprécier approximativement le montant des dépenses de premier établissement qu'entraînera la commande électrique.

Nous donnons ci-après un tableau indiquant d'une manière approximative les dépenses à prévoir pour l'établissement de moteurs électriques de diverses puissances, à courants triphasés ou à courants continus, avec tous leurs accessoires (interrupteurs, plombs fusibles, rhéostats de démarrage, etc.).

PUISSANCE DES MOTEURS	VITESSES DE ROTATION	PRIX APPROXIMATIFS ACCESSOIRES COMPRIS
1/2 *ch*	1 500 tours	325 *f*
1	1 500	450
2 à 5	1 000 à 1 500	225 à 300 *f* par cheval
5 à 10	1 000 à 1 200	150 à 225 —
10 à 20	750 à 1 000	125 à 150 —
au-dessus de 20	750	75 à 125 —

Bien entendu, ces indications ne sont qu'approximatives et, de même que celles qui suivent, elles n'ont pas d'autre but que d'indiquer l'ordre de grandeur des dépenses à prévoir. Dans certains cas, il sera possible d'obtenir des prix plus réduits; dans d'autres cas, au contraire, les chiffres ci-dessus devront être plus ou moins augmentés, notamment quand il y aura à remplir des conditions spéciales telles que : protection contre la poussière et l'humidité, vitesses réduites, variations de vitesses dans des limites étendues, addition de réducteurs de vitesse, etc.

Pour ce qui concerne les installations de la station motrice (génératrices, tableaux, connexions et accessoires divers), on peut compter, sous les mêmes réserves que ci-dessus, sur une dépense moyenne d'environ 80 à 120 *f* par kilowatt de puissance nominale des génératrices, pour les puissances supérieures à 75 ou 100 kilowatts.

Quant aux canalisations depuis la station motrice jusqu'aux différents récepteurs, les dépenses varient considérablement suivant l'étendue des ateliers, les voltages adoptés, les dispositions des récepteurs, la distance moyenne de ceux-ci, etc. Néanmoins, dans des conditions moyennes, on ne s'écartera pas trop de la réalité en comptant, pour ce chapitre de dépenses, sur une somme de 50 à 100 *f* par kilowatt de puissance à transmettre dans chaque circuit.

En résumé, en tenant compte des frais de montage et de mise en route, et des coefficients moyens d'utilisation des divers moteurs desservis, les dépenses totales à prévoir pour une installation de transmission électrique dans des ateliers pourront être évaluées à peu près sur les bases suivantes, pour des puissances totales absorbées supérieures à 75 ou 100 kilowatts :

PUISSANCE DES MOTEURS	VITESSES DE ROTATION des moteurs	DÉPENSES TOTALES A PRÉVOIR PAR MOTEUR
1/2 *ch*	1 500 tours	400 à 450 *f*
1	1 500	525 à 550
2 à 5	1 000 à 1 500	300 à 400 *f* par cheval
5 à 10	1 000 à 1 200	250 à 300 —
10 à 20	750 à 1 000	200 à 250 —
au-dessus de 20	750	150 à 200 —

En comparant ces dépenses aux autres frais de premier établissement à prévoir et en particulier au prix même des appareils à actionner, on se rendra aisément compte de leur très faible importance.

CHAPITRE V

Étude des divers systèmes de distribution électrique.

Les systèmes de transmissions électriques usuellement employés se ramènent à deux principaux :

1° Ceux basés sur l'emploi de moteurs à courant continu ;

2° Ceux basés sur l'emploi de moteurs à courants polyphasés.

Bien des polémiques se sont élevées concernant les mérites comparatifs de ces deux systèmes, qui possèdent chacun leurs partisans convaincus. Ces polémiques ont été longtemps alimentées par des questions de compétition commerciale, certaines maisons ayant acquis plus particulièrement leur réputation dans la construction des appareils à courant continu, d'autres maisons, au contraire, ayant plus particulièrement porté leur activité vers le développement des appareils à courants polyphasés.

A l'heure actuelle, ces polémiques ont beaucoup perdu de leur raison d'être, car la plupart des grandes maisons construisent indifféremment et tout aussi bien les deux types d'appareils électriques.

On peut dire d'ailleurs qu'au point de perfection auquel leur construction est maintenant arrivée, les moteurs à courant continu, comme les moteurs à courants polyphasés, se prêtent, d'une

manière générale, également bien à tous les besoins de l'industrie moderne ; si les statistiques montrent que les applications des courants polyphasés ont une tendance à se répandre plus vite que celles des courants continus, cette tendance est due, en grande partie, à des causes étrangères aux mérites respectifs des deux systèmes de moteurs.

Nous n'aborderons pas la théorie du fonctionnement de ces appareils, renvoyant pour cela aux nombreux et excellents traités qui ont paru sur la matière. Néanmoins, dans ce qui suit, nous en rappellerons, en quelques mots, les caractères essentiels et distinctifs qui sont maintenant bien connus de la plupart des Ingénieurs.

Moteurs a courant continu

Ces moteurs comportent comme organes essentiels :

1° Une partie mobile pourvue d'un collecteur auquel des balais fixes amènent le courant d'alimentation ;

2° Une partie fixe constituée par le système inducteur et destinée à la production du champ magnétique dans lequel se déplace la partie mobile.

Dans ces moteurs, la partie mobile ou « induit » est soumise au voltage de la source d'alimentation ; l'intensité du courant qui la traverse est proportionnelle à la différence entre ce voltage et la force contre-électromotrice développée par la rotation de l'induit dans le champ magnétique.

Cette force contre-électromotrice est elle-même proportionnelle à l'intensité du champ et à la vitesse de rotation.

Quant au couple moteur, il est proportionnel à la fois à l'intensité du champ magnétique et à celle du courant qui traverse l'induit.

Les divers systèmes de moteurs à courant continu se différencient entre eux par la manière dont est constitué le circuit inducteur destiné à créer le champ magnétique.

Dans les moteurs dits « excités en série », le circuit inducteur est traversé par le courant total traversant l'induit ou par une fraction déterminée de ce courant.

Avec l'excitation série, l'intensité du champ croit avec la puissance absorbée. Comme conséquence naturelle, la vitesse diminue quand la charge du moteur augmente, tandis que le couple croit plus vite que cette charge et suivant une loi d'abord voisine du

carré de l'intensité du courant (quand on est éloigné de la saturation), puis qui se rapproche de la première puissance de cette intensité (quand on est au voisinage de la saturation).

Dans les moteurs dits « à excitation shunt », le circuit inducteur est alimenté par une dérivation prise entre les bornes amenant le courant aux balais du moteur. L'intensité du champ magnétique ainsi créé demeure sensiblement constante à toutes charges, tant que le voltage aux bornes n'est pas modifié et que l'on ne fait pas varier la résistance ohmique du circuit dérivé alimentant les inducteurs.

Il en résulte que, dans les moteurs usuels n'ayant qu'une très faible résistance d'induit, la vitesse de rotation demeure très sensiblement la même à toutes charges ; cette vitesse peut d'ailleurs être modifiée à volonté par la manœuvre du « rhéostat de champ », généralement intercalé dans le circuit des inducteurs.

Il y a lieu, toutefois, d'observer, qu'en pratique, au fur et à mesure du fonctionnement, la résistance ohmique des inducteurs augmente par suite de leur échauffement, ce qui entraîne une certaine diminution de l'excitation et une augmentation correspondante de la vitesse.

D'autre part, la résistance de l'induit aux courants qui le traversent et l'influence de ces derniers sur le magnétisme des inducteurs, sont d'autres causes de perturbation de la vitesse qui varient avec l'importance de la charge.

Pour ces diverses raisons, la vitesse ne reste pas absolument constante en tous temps: elle éprouve des variations qui, sans être bien importantes, peuvent néanmoins atteindre 4 à 5 0/0 de sa valeur moyenne.

Les moteurs à excitation shunt offrent quelques inconvénients en cas de variations brusques du voltage aux bornes; leur résistance intérieure étant très faible, ces variations brusques (même quand elles sont de minime importance) donnent momentanément lieu, pour l'intensité du courant, à de brusques et importantes variations, nuisibles au bon fonctionnement du collecteur.

On est donc conduit, dans beaucoup d'applications, à faire usage de moteurs dits « compound », dans lesquels l'excitation des inducteurs est effectuée d'une manière mixte, partie en série, partie en dérivation; les proportions des deux enroulements sont plus ou moins variables, suivant que l'on veut se rapprocher plus ou moins des caractères distinctifs des moteurs série ou de ceux des moteurs shunt, c'est-à-dire suivant les

variations de vitesse que l'on a l'intention d'admettre pour une variation déterminée de la charge.

Dans tous les cas, l'enroulement en dérivation est choisi suffisant pour éviter les emballements qui, dans la marche à vide, sont à craindre avec les moteurs série.

La vitesse des moteurs compound demeure réglable à toutes charges à l'aide d'un rhéostat de champ, de la même manière que pour les moteurs shunt; les moteurs compound présentent donc tous les avantages des moteurs shunt et ils offrent, en surplus, celui d'un fonctionnement plus satisfaisant et plus stable quand le voltage d'alimentation ou bien l'importance du couple résistant sont soumis à de brusques variations. Aussi ont-ils généralement la préférence, malgré le léger supplément de prix qu'ils entrainent.

Tous les moteurs à courant continu nécessitent pour leur mise en marche l'emploi d'un rhéostat de démarrage; en effet, la force contre-électromotrice étant nulle au repos, l'induit serait traversé par un courant absolument exagéré s'il était directement relié à la ligne d'alimentation; cet afflux exagéré de courant offrirait toutes sortes d'inconvénients, non seulement pour la bonne conservation du moteur lui-même, mais encore, par contre-coup, pour les autres parties de l'installation.

Dans la plupart des cas, ce rhéostat doit être pourvu d'un dispositif automatique le remettant en circuit chaque fois que le courant vient à être coupé au moteur; cette précaution est nécessaire pour éviter les courts-circuits qui se produiraient si, après une interruption du courant et l'arrêt du moteur qui s'ensuivrait, le circuit venait à être brusquement rétabli sur ce dernier sans l'interposition d'aucune résistance. En outre, les moteurs à courant continu doivent être protégés contre des surcharges exagérées et contre les accidents intérieurs au moteur lui-même par des plombs fusibles ou tout autre appareil de sécurité équivalent.

MOTEURS POLYPHASÉS

Les seuls moteurs à courants polyphasés employés dans les cas qui nous occupent sont les moteurs dits « d'induction » ou « asynchrones ».

Ces moteurs comprennent essentiellement :

1° Une partie fixe nommée « stator » alimentée par des cou-

rants alternatifs décalés les uns par rapport aux autres, de façon à produire un champ magnétique d'intensité sensiblement constante, mais dont la direction périodiquement variable effectue un mouvement de rotation régulier. La vitesse de rotation de ces « champs tournants » dépend uniquement du nombre de pôles produits par la disposition des enroulements du stator et de la période des courants alternatifs qui l'alimentent ou, en d'autres termes, de la *fréquence* de ces courants. Tant que celle-ci demeure constante, elle est entièrement indépendante de la charge;

2° Une partie mobile, nommée « rotor », qui possède un enroulement dans lequel le champ tournant créé dans l'entrefer engendre par induction des courants dont la réaction sur le champ produit à son tour l'entraînement de cette partie mobile.

De même que dans tout moteur électrique, le couple développé est proportionnel, d'une part, à l'intensité des courants circulant dans les enroulements de la partie mobile, et, d'autre part, à l'intensité du champ magnétique.

Or, le courant produit par induction dans la partie mobile est proportionnel, toutes choses égales d'ailleurs, à la vitesse relative du champ magnétique par rapport à cette partie mobile, c'est-à-dire « au glissement » du rotor par rapport au champ tournant.

A vide, le couple développé sera sensiblement nul; il en sera de même des courants induits et du glissement : le rotor tournera donc à peu près « en synchronisme » avec le champ.

En charge, le glissement va en s'accentuant avec la valeur du couple à développer, mais il demeure toujours faible dans les moteurs bien établis; à pleine charge, sa valeur ne dépasse généralement pas 5 à 7 0/0 pour les petits moteurs, et elle tombe souvent à 3 ou même 2 0/0 pour les moteurs de grande ou de moyenne puissance.

Les différents types de moteurs d'induction se distinguent par la manière dont ils sont mis en marche.

Dans les moteurs dits « à cage d'écureuil » l'enroulement du rotor est constitué par des conducteurs en cuivre reliés à leurs extrémités au moyen de cercles métalliques et constituant des circuits fermés de résistance invariable.

Ces moteurs sont mis en marche par la simple fermeture de l'interrupteur alimentant les enroulements de la partie fixe.

Au moment du démarrage, la vitesse relative du champ tour-

nant par rapport au rotor étant très considérable, l'action inductive est énergique et développe dans les enroulements du rotor des courants d'autant plus intenses que la résistance, ou, pour parler plus exactement, l'impédance de ces enroulements est plus faible; d'autre part, pour obtenir un bon rendement en charge normale, la résistance ohmique doit être faible, et pour obtenir un couple puissant au démarrage, la « self induction », qui constitue l'autre facteur de l'impédance doit également être faible. Il en résulte que les moteurs à cage d'écureuil absorbent au démarrage des courants très intenses, et qu'en outre ceux qui possèdent un fort couple de démarrage ne possèdent pas un très bon rendement à pleine charge, et inversement.

Ce système trouve donc surtout son application aux petites puissances pour lesquelles l'extrême simplicité de construction et de manœuvre des moteurs à cage d'écureuil et leur prix très réduit en rendent l'emploi très séduisant

Pour les grandes puissances, on est conduit à adopter pour le rotor des enroulements constitués de manière à permettre d'augmenter la résistance ohmique au moment de la mise en marche.

Parfois, la résistance supplémentaire a une valeur constante et est logée à l'intérieur même du rotor : elle est mise en court-circuit, une fois le démarrage effectué, par la manœuvre d'une manette spéciale.

Le plus souvent, cette résistance est constituée par un rhéostat à plusieurs touches, analogue à celui des moteurs à courant continu, et dont les bornes sont reliées à des bagues portées par l'arbre du rotor, reliées elles-mêmes aux extrémités des enroulements de cette partie du moteur.

Ces rhéostats permettent non seulement la mise en marche, mais encore la variation de la vitesse des moteurs, d'une façon analogue aux rhéostats intercalés sur les circuits principaux des moteurs à courant continu.

Les moteurs à cage d'écureuil ne sont pas à conseiller pour les puissances supérieures à 5 *ch*, du moins toutes les fois qu'ils doivent démarrer sous pleine charge; quand ils ne doivent démarrer qu'à vide ou sous charge très réduite, par exemple en actionnant une poulie folle ou bien un récepteur ne présentant au repos aucune résistance, tel que les ventilateurs, les pompes centrifuges, les dynamos, etc., ils peuvent s'employer pour des puissances beaucoup plus grandes, mais alors le voltage à leurs bornes doit être considérablement réduit au moment de la mise

en marche, soit à l'aide de résistances, soit de préférence au moyen de transformateurs réducteurs de voltage spéciaux.

Dans tous les autres cas, les moteurs dits « à enroulement distribué » doivent être préférés.

Diverses dispositions spéciales ont été proposées pour éviter l'emploi de rhéostats de démarrage et conserver aux moyennes et fortes puissances les avantages des moteurs à cage d'écureuil; leur examen nous entrainerait trop loin. D'ailleurs ces dispositions spéciales ne se sont pas beaucoup répandues par suite des inconvénients particuliers qu'elles présentent au point de vue du prix, du rendement et du facteur de puissance, inconvénients qui en font écarter généralement l'emploi, sauf dans des cas tout à fait spéciaux.

En terminant, nous ferons observer que tous les moteurs d'induction possèdent deux caractères communs qui les distinguent nettement des moteurs à courant continu :

1° Ils ne peuvent développer des couples dépassant un maximum déterminé. Cette limite varie suivant les données de construction du moteur : tantôt elle est inférieure au double de la pleine charge, tantôt elle atteint trois ou quatre fois cette pleine charge. Elle est proportionnelle au carré du voltage aux bornes; elle diminue donc très rapidement avec celui-ci.

Dans certaines applications, ce couple limité est un avantage, dans d'autres il est un inconvénient marqué.

2° La ligne d'alimentation n'étant reliée qu'à la partie fixe, et les courants n'étant produits dans le rotor que par induction, les enroulements de ce dernier peuvent être établis pour une tension beaucoup plus faible que la tension de la ligne. Cette circonstance permet d'employer sans inconvénients des voltages élevés pour l'alimentation de moteurs d'induction, même de faible puissance, car ces voltages ne sont développés que dans des bobinages fixes parfaitement isolés dans toutes leurs parties, et dont il est très facile d'approprier les conditions d'établissement aux tensions qu'ils doivent supporter.

Ces considérations générales permettent aisément d'apprécier les mérites relatifs des deux types de moteurs pour les diverses applications industrielles.

Les conditions qu'ils doivent remplir dans la plupart de ces applications sont généralement les suivantes :

1° Un fonctionnement sûr, exempt d'interruptions accidentelles;

2° Une grande robustesse permettant de supporter de forts à-coups ;

3° Une conduite simple, à l'abri de fausses manœuvres ;

4° Un entretien facile et peu coûteux ;

5° Une dépense de premier établissement peu élevée ;

6° L'aptitude à se prêter à toutes les conditions du travail à effectuer.

D'une manière générale, on peut affirmer que tous les moteurs électriques, aussi bien ceux à courants continus que ceux à courants polyphasés remplissent, d'une manière tout à fait satisfaisante, ces diverses conditions ; néanmoins, pour ce qui concerne les quatre premières, il n'y a pas de doute que les moteurs à courants polyphasés possèdent, toutes choses égales d'ailleurs, une supériorité légère peut-être, mais cependant indiscutable.

Par contre, leur inaptitude à se prêter à un réglage de la vitesse d'une manière vraiment satisfaisante, les empêche de satisfaire à la dernière condition aussi bien que les moteurs à courant continu.

La préférence peut donc leur être logiquement accordée toutes les fois que l'invariabilité de la vitesse ne constituera pas une grave objection ; dans le cas contraire, les moteurs à courant continu devront être préférés.

Par exemple, pour les appareils de traction et de levage : treuils, ponts roulants, grues, chariots, transbordeurs, locomotives de mines, etc., les moteurs à courant continu excités en série sont d'un emploi tout indiqué par suite de leur supériorité dans les démarrages, de leur aptitude à faire freins électriques, du moins grand nombre de conducteurs qu'ils nécessitent pour leur alimentation et de la simplicité des connexions à réaliser pour les diverses manœuvres à faire.

Les figures 9 et 10, qui montrent les dispositions comparées de ponts roulants et de grues roulantes à courants continus et à courants triphasés, permettent d'apprécier les avantages du courant continu à deux derniers points de vue, sans qu'il soit nécessaire d'ajouter d'autres explications.

Pour les machines à efforts variables, telles que les poinçonneuses, les cisailles, les broyeuses, les compresseurs d'air, etc., les moteurs à courant continu et excitation compound offrent des avantages particuliers ; de même pour toutes les applications dans lesquelles il est désirable de mettre en jeu les forces

d'inertie de volants afin de compenser les variations périodiques du couple résistant.

Dans les ateliers de constructions mécaniques utilisant des machines-outils à vitesse variable, les moteurs à courant continu

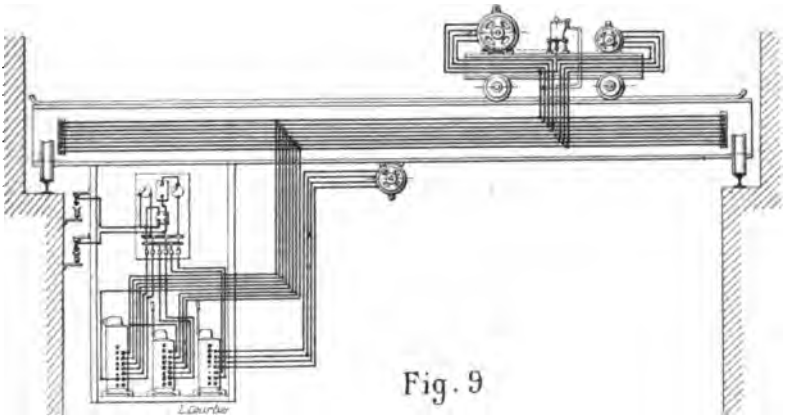


Fig. 9

à excitation shunt ou compound trouvent aussi des applications rationnelles, surtout aux moyennes et fortes puissances (au-dessus de 3 à 5 *ch*).

Dans les aciéries, les deux types de moteurs trouvent des

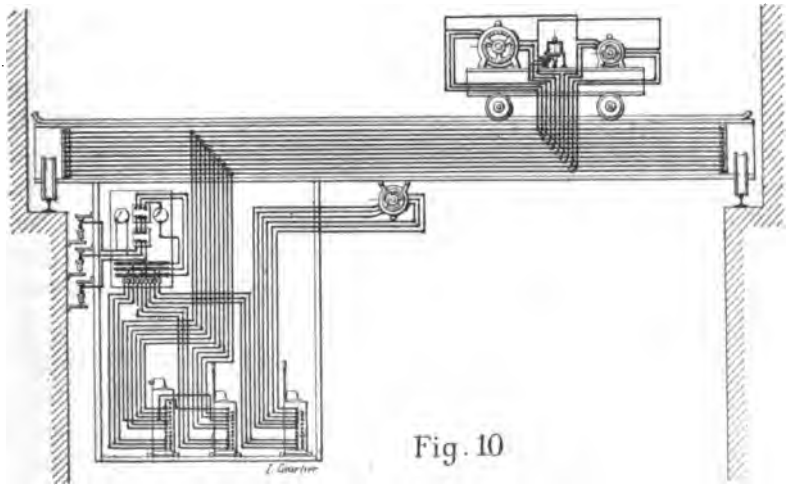


Fig. 10

applications de plus en plus fréquentes. Les laminoirs trio peuvent être commandés par des moteurs à courants polyphasés aussi bien que par des moteurs à courant continu, et, générale-

ment, les premiers sont moins coûteux. Néanmoins, les seconds sont préférables aussitôt qu'un certain réglage de la vitesse doit être effectué, par exemple, pour les trains finisseurs ayant à laminer des fers plats, etc., qui doivent, en général, pouvoir réaliser des variations de vitesse de 40 à 50 0/0.

Les laminoirs duo sont rarement établis à commande électrique, par suite des renversements trop fréquents du sens de la marche. Néanmoins, certains de ces laminoirs, de moyenne ou faible puissance, sont actionnés par des moteurs tournant toujours dans le même sens, le renversement du sens de rotation des cylindres étant obtenu au moyen d'embrayages du genre Lindsay; les moteurs sont alors munis de très lourds volants destinés à compenser les brusques variations de l'effort produit par les embrayages. Dans ce cas, les moteurs à courant continu très fortement compoundés sont d'un emploi tout particulièrement indiqué.

De même, les moteurs série à courant continu paraissent préférables pour la commande des rouleaux transporteurs, des tireuses, des appareils de levage, etc., et pour la plupart des services accessoires des aciéries ; mais des installations très satisfaisantes ont été également effectuées avec des appareils à courants triphasés, et, à l'heure actuelle, les deux systèmes se partagent la faveur d'une manière presque égale.

Dans les filatures, les tissages et, en général, dans tous les ateliers, et pour toutes les machines à marche régulière, les moteurs à courants polyphasés doivent être préférés à cause de la régularité de leur allure, de la simplicité de leur construction, de la faible surveillance qu'ils nécessitent, de leur facilité de manœuvre et, pour les petites puissances, de la suppression de tous organes accessoires: rhéostat de démarrage, rhéostat de champ, appareils automatiques en cas d'interruption de courant, etc., enfin, à cause du prix de revient plus bas auquel leur emploi conduit généralement pour l'ensemble des installations.

Dans les mines, on emploie surtout les courants polyphasés, par suite des facilités qu'ils offrent pour le transport de l'énergie sous haute tension à grande distance et pour son utilisation sous basse tension. En effet, les appareils de mines travaillent dans des conditions désavantageuses qui rendent désirable l'emploi de tensions relativement faibles, tandis que le rayon de la distribution est souvent très considérable. En outre, leur construction doit être très simple et très robuste, notamment pour les treuils d'extraction, les pompes d'épuisement, les locomotives

de mine ; souvent aussi dans les mines grisouteuses, la suppressions de collecteurs pouvant donner lieu à étincelles, est très importante au point de vue de la sécurité.

Dans les autres exploitations industrielles, les choix s'inspireront par des considérations analogues.

Nous nous empressons d'ailleurs d'ajouter que ces considérations n'ont aucun caractère exclusif et que, bien souvent, le choix sera dicté par des motifs tout à fait différents.

Ce choix ne doit pas être considéré, nous le répétons, comme ayant une influence capitale et décisive sur les résultats obtenus par l'emploi de l'électricité.

Les multiples installations faites dans l'un et l'autre système et ayant également donné pleine satisfaction, montrent que la plupart des avantages de la commande électrique peuvent être réalisés quelle que soit la nature du courant employé, pourvu que ces installations soient judicieusement étudiées et constituées par du matériel de bonne qualité.

Très souvent le choix sera déterminé tout simplement par la nature du courant d'alimentation dont on peut disposer, et c'est une des principales raisons de l'avenir plus grand réservé aux courants alternatifs.

Les distributions d'énergie électrique dans les centres industriels se développeront certainement dans un temps peu éloigné ; comme elles se font, pour la plupart, sous forme de courants polyphasés, le choix des industriels se trouvera tout naturellement porté de ce côté, et, bien rarement, ils auront un intérêt suffisant à transformer la nature du courant mis à leur disposition.

Quand elle sera nécessaire, cette transformation n'offrira d'ailleurs pas de difficulté sérieuse, car elle peut se faire à peu de frais et avec un rendement très élevé. Elle offrira donc une ressource précieuse quand il s'agira d'alimenter des installations électriques existantes, utilisant des systèmes de courant différents de ceux qui, finalement, devront être affectés à leur alimentation.

Choix du voltage

Distribution à courant continu.

Dans les distributions à courant continu, on utilise généralement des tensions pouvant varier de 110 à 500 volts.

Les voltages les plus usités sont ceux de 110, 220 et 440 volts,

constitués par des multiples de 110 volts, c'est-à-dire du voltage correspondant aux lampes à incandescence les plus fréquemment employées.

Le système de distribution le plus simple est évidemment celui à deux fils sous 110 volts ; il permet d'alimenter indifféremment et d'une manière individuelle les lampes à incandescence, les lampes à arc en vase clos et les moteurs. Les lampes à arc à air libre peuvent aisément être alimentées par groupes de deux en série, comme cela a lieu le plus ordinairement.

Ce système convient très bien aux installations de faible puissance, réparties dans un rayon peu étendu autour de la station motrice et desservant des moteurs de puissance individuelle modérée, toutes conditions qui, en général, se trouvent réunies simultanément, car elles sont à peu près des corollaires les unes des autres.

Par contre, la tension de 110 volts est trop basse pour les génératrices de grande puissance ; elle oblige à leur donner des collecteurs volumineux qui en augmentent sensiblement le prix, et elle donne lieu à un abaissement sensible du rendement par suite des pertes, proportionnellement grandes, dues aux balais, surtout quand ceux-ci sont en charbon.

Enfin, tous les appareils de tableaux : interrupteurs, coupe-circuits, ampèremètres, compteurs, etc., ainsi que les connexions et les barres omnibus, doivent être établis pour des intensités très considérables et deviennent encombrants et coûteux. On arrivera ainsi, pour des machines de 200 à 300 *ch*, sous 110 volts, à des tableaux qui seront presque aussi coûteux que ceux de machines de 1 000 à 1 500 *ch* sous 500 volts.

Pour les mêmes motifs, la tension de 110 volts est peu avantageuse pour les gros moteurs.

Elle conduit enfin à des canalisations de très fortes sections, difficiles à loger, coûteuses, et donnant lieu à une forte perte aussitôt que le rayon de distribution acquiert une valeur notable.

Aussi la tension de 220 volts doit être préférée dès qu'il s'agit d'installations d'une certaine importance. Cette tension est encore assez basse pour offrir toute sécurité en ce qui concerne son emploi, et pour n'entrainer aucune précaution supplémentaire pour l'isolement et la constitution générale des appareils électriques. Elle n'en permet pas moins de réduire de moitié l'intensité des courants à fournir, ce qui offre des avantages à tous les points de vue ; non seulement le prix des dynamos, des

tableaux, des gros moteurs et des canalisations pourra être notablement réduit, mais encore le rendement en sera sensiblement amélioré.

La tension de 220 volts ne se prête pas aussi bien que celle de 110 volts à l'éclairage électrique. A vrai dire, il existe dans le commerce des lampes à incandescence et même des lampes à arc pouvant fonctionner individuellement à ces voltages, mais les lampes à incandescence établies pour 200 à 250 volts sont plus coûteuses que les autres, leur rendement lumineux est moins bon et leur durée est moins longue.

Quant aux lampes à arc de 220 volts, elles ne se font que du type en vase clos et, par suite de la grande longueur de l'arc, elles donnent une lumière très violacée d'aspect peu agréable ; enfin, leur rendement lumineux est peu élevé.

Souvent on estimera préférable d'employer des lampes de plus bas voltage en les groupant par deux ou par quatre en série, de manière à pouvoir les brancher sur les circuits à 220 volts. Mais il en résulte une moins facile division de la lumière et moins d'indépendance pour les divers foyers.

On pourra passer outre à ces divers inconvénients quand l'importance de l'éclairage sera proportionnellement faible. Dans le cas contraire, il sera préférable de chercher à les éviter, tout en continuant à réaliser les avantages de la tension de 220 volts. La meilleure solution pour cela consiste à employer le système de canalisation dit « à trois fils », donnant une tension de 220 volts entre les conducteurs extrêmes, qui sont aussi les conducteurs principaux, et de 110 volts entre chacun de ces conducteurs extrêmes et celui du milieu.

Dans ce système, les moteurs de grande ou de moyenne puissance sont branchés entre les conducteurs extrêmes ; seuls les appareils d'éclairage et les très petits moteurs sont établis pour 110 volts et répartis sur chacune des deux branches, de manière à équilibrer le mieux possible les puissances absorbées par elles et à réduire à une valeur insignifiante l'intensité du courant circulant dans le conducteur intermédiaire ou « fil neutre ».

Divers systèmes peuvent être employés pour rendre cet équilibre parfait et pour assurer l'égalité du voltage sur chaque moitié de la canalisation.

Un premier système consiste à utiliser, pour l'alimentation du réseau, soit deux génératrices distinctes enroulées pour 110 volts chacune et reliées en série, soit une seule génératrice à 220

volts, munie de deux collecteurs et de deux enroulements distincts à 110 volts.

Ce système conduit à des machines coûteuses et n'est pas très avantageux. Il ne doit être employé que quand le déséquilibrage peut atteindre une très grande valeur, ce qui n'est presque jamais le cas.

Une autre solution consiste à ajouter aux génératrices principales à 220 volts, une petite dynamo auxiliaire à 110 volts, destinée à concourir à l'alimentation de celle des deux branches de la canalisation qui est la plus chargée. En général, il suffit de donner à cette dynamo une puissance égale à 10 ou 12 0/0 de la puissance des dynamos principales.

Souvent cette dynamo supplémentaire est actionnée par une autre machine identique, branchée sur l'autre moitié de la canalisation. L'ensemble constitue alors ce qu'on appelle une « égalisatrice » ; il agit de manière à égaliser automatiquement les puissances absorbées par chaque branche de la canalisation et les voltages correspondants.

Cette solution est une des plus usitées.

Parfois aussi, le conducteur intermédiaire ou « fil neutre » est alimenté par la dynamo elle-même à l'aide de connexions spéciales aboutissant à quatre bagues placées sur l'arbre et semblables aux prises de courant des dynamos à courant alternatif.

Cette solution est particulièrement avantageuse quand l'alimentation du réseau est faite par des commutatrices de courants polyphasés en courant continu.

Enfin, quand la dynamo génératrice fonctionne en parallèle avec une batterie d'accumulateurs, le fil neutre peut tout simplement être relié au milieu de la batterie dont les deux moitiés forment alors égalisatrices.

Ces divers systèmes ont été employés suivant les cas et donnent tous de bons résultats.

Il y a lieu d'observer que la distribution à trois fils offre des avantages particuliers pour le réglage de la vitesse des moteurs électriques à courant continu. Elle donne, en effet, un moyen de faire varier du simple au double le voltage aux bornes des moteurs; combinée avec le réglage de l'excitation, cette variation du voltage permet d'obtenir, d'une manière très simple, une variation continue de la vitesse du simple au quadruple, et cela sans que le rendement du moteur soit sensiblement altéré. Pour obtenir ce résultat, il faut que les moteurs soient consti-

tués de manière à pouvoir fonctionner sans inconvénients sous une induction moitié de l'induction normale ; on y arrive facilement sans qu'il ne s'ensuive un supplément de prix trop considérable par rapport aux moteurs ordinaires.

D'autres systèmes ont été proposés, qui permettent une variation du voltage et de la vitesse encore plus considérable, mais aucun ne possède la simplicité du système à trois fils et ils doivent, en général, être écartés. D'ailleurs une variation de vitesse de 1 à 4, obtenue par des moyens électriques, suffit pour la plupart des cas de la pratique ; combinée avec un changement de vitesse mécanique de même rapport, elle permet d'obtenir d'une manière très simple une variation *continue* de la vitesse dans le rapport de 1 à 15 ou 16, c'est-à-dire aussi grande qu'on peut avoir à le désirer.

La tension de 220 volts permet, sans difficultés sérieuses ni dépenses exagérées, d'effectuer la distribution de l'énergie dans un périmètre de 5 ou 600 *m* autour de la station motrice, périmètre qui est amplement suffisant dans la majorité des cas.

Lorsque le rayon de distribution dépassera 500 *m*, et surtout quand les puissances à transmettre seront considérables, on pourra envisager l'emploi de tensions plus élevées, par exemple de 440 ou 500 volts.

Les canalisations peuvent alors se faire à trois fils avec 220 volts entre chacune des deux branches, ou à cinq fils avec 110 volts entre chaque branche. Les branches à 220 et 440 volts sont toutefois seules utilisées pour la force motrice, la tension de 110 volts n'étant employée que pour l'éclairage.

L'équilibre est assuré au moyen d'égalisatrices à quatre induits dont la puissance peut généralement être réduite à une fraction très minime de la puissance totale.

Les dynamos génératrices et appareils de tableaux sont alors à peu près semblables à ceux déjà employés pour la traction des tramways et dont il existe de nombreux types parfaitement étudiés et expérimentés.

Parfois, cette tension relativement élevée est choisie précisément dans le but d'utiliser des modèles déjà existants ou pour permettre l'alimentation des installations correspondantes par les usines de traction existantes.

Le cas s'en présente surtout pour les grands chantiers de travaux publics, pour l'outillage des ports, etc.

Ces cas constituent toutefois l'exception ; dans la majorité des

cas, les économies réalisées sur les canalisations par l'emploi d'une tension de 440 à 500 volts ne compenseront pas les inconvénients d'un voltage aussi élevé.

D'une manière générale, on peut dire que dans le cas du courant continu, le système à trois fils, sous tension de 220 à 250 volts, fournira presque toujours la solution la plus avantageuse.

Distributions à courants polyphasés.

Parmi les différents systèmes basés sur l'emploi de courants polyphasés, le plus usité de beaucoup est le système triphasé; entre autres avantages, c'est ce système qui, à égalité de voltage, donne lieu à la moindre dépense de conducteurs.

La tension de 110 volts ne s'emploie pour ainsi dire jamais pour les distributions à courants triphasés; cette faible tension n'offre aucun avantage matériel qui permette de compenser les inconvénients provenant de la production de courants intenses.

Les tensions les plus usitées sont celles de 220 volts et de 440 volts.

Dans le premier cas, les appareils d'éclairage peuvent être: soit établis pour 125 volts et branchés entre chaque conducteur et le point neutre, soit établis pour 220 volts et branchés sur une des phases. Cette phase peut aussi être dédoublée par un conducteur intermédiaire permettant l'emploi de lampes à 110 volts.

En général, il est plus simple de brancher tout l'éclairage sur la même phase, pour autant que la puissance absorbée par ce service ne dépasse pas 40 à 50 0/0 de la puissance totale.

En effet, les moteurs d'induction branchés sur les trois phases tendent à prendre plus de puissance sur les deux phases les moins chargées, ce qui rétablit en partie l'équilibre et assure aux alternateurs une utilisation presque aussi bonne que si leurs trois phases étaient également chargées.

Dans les distributions à 440 volts, on peut encore faire l'alimentation directe de lampes en les branchant sous 250 volts entre chaque conducteur et le point neutre. Mais quand le service d'éclairage est important, il sera généralement préférable d'abaisser la tension par transformateurs.

Cette solution devient la seule possible pour les tensions plus élevées.

Rien n'empêche alors d'atteindre les voltages de 1 000 à 2 000 volts, dès lors que les moteurs à desservir sont en moyenne de puissance notable et supérieure à une vingtaine de chevaux. Avec de telles tensions, il devient facile de distribuer des puissances très considérables dans un rayon étendu, tout en restreignant, dans des limites très modérées, les dépenses et les pertes dues aux canalisations.

Il résulte des considérations que nous venons d'exposer que le choix du voltage est une question d'espèce; ce voltage doit être approprié aux circonstances et l'on peut dire qu'à ce point de vue, comme aux autres, les divers systèmes de transmissions électriques offrent une souplesse et une variété de solutions qui leur permettent de s'adapter à toutes les applications qui peuvent se présenter dans l'industrie.

CHRONIQUE

N° 281.

Sommaire. — Locomotives à vapeur surchauffée *(suite et fin)*. — Force motrice obtenue par l'incinération des ordures ménagères. — Emploi de l'émeri d'acier pour le travail des pierres et des métaux. — La production du charbon dans le monde. — Préparation industrielle de l'oxygène. — Extraction de l'étain des rognures de fer-blanc. — Téléphones d'usines et appareils avertisseurs.

Locomotives à vapeur surchauffée *(suite et fin)*. — Une seconde note de M. de Borries, insérée dans l'*Organ* de 1903, pages 14 et suivantes, donne les résultats d'une seconde série d'essais analogues faits dans l'été de 1902, sur le même parcours que précédemment. Ont pris part à ces essais deux locomotives compound à quatre cylindres, deux locomotives à vapeur surchauffée et une locomotive compound à deux cylindres. Voici d'abord les caractéristiques essentielles des trois types de machines, lesquelles sont presque exactement les mêmes que celles des précédentes :

N°s	SYSTÈMES	POIDS en SERVICE	SURFACE de GRILLE	SURFACE de CHAUFFE	PRESSION à la CHAUDIÈRE
		kg	m^2	m^2	*atm*
1	Compound à quatre cylindres.	53 300	2,27	118,7	14
2	Simple expansion et surchauffe.	54 600	2,27	105,4	12
3	Compound à deux cylindres . .	47 600	2,27	125	12

Le tableau suivant donne les résutalts obtenus présentés sous la même forme que précédemment :

TYPES DE MACHINES		1	2	3
Poids de la machine et du tender. . .	*t*	86,9	89,8	75,7
Poids du train	*t*	286	274	257
Effort de traction moyen	*kg*	2 644	2 602	2 284
Vitessse moyenne par heure	*km*	88,2	90,8	86,9
Travail à la jante	*ch*	865	911	734
Combustible brûlé par cheval	*kg*	1,23	1,27	1,40
Eau dépensée par cheval.	*l*	9,43	8,31	10,89
Eau par kilogr. de combustible. . . .	*l*	7,67	6,54	7,78
Poids de la machine seule par cheval.	*kg*	61,8	60	64,8

On voit, en examinant les chiffres de ce tableau, que la locomotive à vapeur surchauffée a brûlé 3 0/0 de plus de combustible que la locomotive compound à quatre cylindres et 10 0/0 de moins que la compound à deux cylindres; mais elle a dépensé 12 0/0 de moins d'eau que la première et 24 0/0 de moins que la seconde. Dans cette série d'essais, la locomotive à vapeur surchauffée a donné des résultats supérieurs à ceux de la première série.

En service régulier, du 1er juin au 15 août 1902, les machines du dépôt de Stendal ont donné les résultats suivants comme dépense de combustible :

3	locomotives compound à quatre cylindres.	11,10 *kg*	par kilomètre.
2	— à vapeur surchauffée	11,32	—
1	— compound à deux cylindres.	11,22	—

A la Direction de Halle des chemins de fer de l'État Prussien, on a constaté les chiffres ci-après par locomotive-kilomètre :

	Combustible.	Eau.
Locomotives à quatre cylindres . . .	10,96 *kg*	76,29 *kg*
— à vapeur surchauffée . .	10,68	63,96

Ce qui donne, en faveur de la locomotive à vapeur surchauffée, une économie de 2 0/0 de combustible et de 16 0/0 d'eau.

Il n'y a été question jusqu'ici que de locomotives pour service de voyageurs. La surchauffe a été appliquée également à quelques locomotives à marchandises, et il a été fait des essais comparatifs entre des locomotives à quatre essieux couplés à simple expansion et surchauffe et des machines analogues à double expansion. A la Direction de Saarbruck, de mai à juillet 1902, il a été constaté que les premières, pesant 55,2 *t* en service, remorquaient 107 essieux, alors que les locomotives compound pesant 53 *t* en remorquaient seulement 100.

Voici les dépenses par 1 000 essieux-kilomètre :

	Combustible.	Eau.
Locomotives à surchauffe.	159,9 *kg*	1149 *kg*
— compound.	170,7	1 259
Économie en faveur des premières. .	6,8 0/0	8,7 0/0

On voit que, dans ce cas, contrairement à ce qui a lieu pour les autres, les économies de combustible et d'eau diffèrent relativement peu l'une de l'autre.

M. de Borries fait remarquer que deux locomotives à vapeur surchauffée, mises plus récemment en service par la même direction, ont dépensé autant que les locomotives compound, et il ajoute avec raison que si les machines à surchauffe ont remorqué 7 0/0 de plus que les compound, leur poids en service est de 4 0/0 supérieur à celui de leurs concurrentes. A poids égal, la différence de puissance serait très faible.

On trouve dans le Z. V. D. I., des 28 février et 4 mars 1903, une importante étude du professeur J. Obergethmann sur la locomotive à vapeur surchauffée exposée l'année dernière, à Düsseldorf, par la Société

Hohenzollern. Cette machine a trois essieux couplés et un esssieu porteur à l'avant et a l'appareil de surchauffe disposé comme dans les autres locomotives du même système, mais le gros tube de prise directe de gaz au foyer a un diamètre plus fort, 0,305 *m*. La grille a 2,25 m^2 de surface, la surface de chauffe totale est de 139,3 m^2, la pression est de 12 *atm*. Le poids en service est 58 600 *kg*, dont 45 000 sont utilisés pour l'adhérence. Cette machine appartient à la Direction de Cologne des chemins de fer de l'État Prussien.

Cette locomotive a été essayée, avant d'être envoyée à l'Exposition, comparativement à une locomotive compound à quatre cylindres. Celle-ci, avec une charge moyenne de 36,5 essieux, dépensait 12,4 *kg* de combustible et 92,8 d'eau par kilomètre, tandis que la machine à surchauffe, avec une charge de 39,5, soit 8 0/0 de plus, dépensait 12,43 *kg* de combustible et 82,75 d'eau.

On a conclu de ces essais que la locomotive à surchauffe pouvait trainer une charge supérieure allant jusqu'à 43 et même 49 essieux, alors que la locomotive compound ne pouvait pas dépasser 40; qu'elle avait plus de vitesse et enfin qu'elle n'employait la vapeur qu'à 12 *atm* contre 14 pour la compound.

Le même article indique que la Direction de Halle a fait des essais comparatifs entre six locomotives compound du dernier modèle et six locomotives à vapeur surchauffée à cylindres de 520 *mm* de diamètre. Les consommations respectives ont été trouvées de :

	Combustible.	Eau.
Locomotive compound	10,55 *kg*	73,3 *kg*
— à vapeur surchauffée. . .	9,39	56,4

Ce qui donne en faveur des dernières une économie de 11 0/0 en combustible et de 23 0/0 en eau.

Tels sont les principaux renseignements fournis jusqu'ici par les sources les plus autorisées sur les essais de locomotives à vapeur surchauffée, par les chemins de fer de l'Etat Prussien, les seuls qui aient encore employé ce système. Malgré les divergences assez accentuées que présentent ces résultats, il ne paraît pas douteux que l'emploi de la vapeur surchauffée, dans les conditions où elle a été appliquée dans ces essais, n'ait présenté un certain avantage. Quelle est l'importance de cet avantage, c'est ce qu'il est beaucoup moins facile d'apprécier, vu les conditions peu favorables à une comparaison exacte dans lesquelles ces essais ont été effectués jusqu'ici ? Comme nous le disions au début de cette note, l'application de la surchauffe aux locomotives des chemins de fer de l'État Prussien paraît avoir été introduite dans un ordre d'esprit tout particulier. En effet, cette modification dans l'emploi de la vapeur a été présentée dès le début, non pas seulement comme un mode d'amélioration de la machine ordinaire, mais surtout comme un antagoniste de la double expansion et un moyen de remplacer celle-ci sur les locomotives, et il s'est créé immédiatement, sous l'influence peut-être de questions de personnes, deux courants parmi les directions qui, comme on le sait, possèdent une assez grande autonomie aux chemins

de fer de l'État Prussien et celles-ci ont, pour la plupart, pris position dans la querelle. Il est résulté de cette situation que les études faites pour déterminer la valeur de la surchauffe ont été conduites de manière à mettre en comparaison, d'une part, des machines ordinaires ou des machines compound à deux ou quatre cylindres, les premières avec distributions par tiroirs plans et, d'autre part, des locomotives à vapeur surchauffée à simple expansion et distribution par tiroirs cylindriques.

Si on considère combien il est déjà difficile d'arriver à apprécier la valeur réelle d'un perfectionnement en comparant deux machines ne différant entre elles que par l'introduction de ce perfectionnement sur l'une, on comprendra combien la superposition de plusieurs modifications sur l'une des machines en concurrence rend compliquée, sinon impossible, la solution du problème.

Pour fixer les idées, nous rappellerons que les essais faits au chemin de fer de l'Est, sous la direction de notre ancien Président, M. Salomon, essais relatés dans le mémoire de M. Pelletier, inséré dans le Bulletin de septembre 1902, ont accusé en faveur de l'emploi des tiroirs cylindriques une économie de 10 0/0 sur le combustible, économie, dit le mémoire, calculée uniquement sur les résultats obtenus en service courant et dégagée de toute considération théorique.

Il est donc permis de se demander quelle est, dans les cas où la locomotive à vapeur surchauffée a donné, en comparaison avec des machines pourvues de tiroirs plans, une économie plus ou moins grande de combustible, quelle est la part qui doit être attribuée à la surchauffe et celle qui doit être portée à l'actif des tiroirs cylindriques. On peut faire le même raisonnement pour l'augmentation de puissance constatée dans quelques cas, en rappelant que M. Ricour, dans un mémoire inséré, en 1884, aux *Annales des Mines*, invoquait en faveur des tiroirs cylindriques une augmentation de travail utile de 18 0/0, à dépense égale, et une notable augmentation de puissance absolue. Il est évidemment, dans les conditions d'expérimentation indiquées plus haut, très difficile de dégager l'avantage réel de la surchauffe.

Nous ne saurions trop insister sur l'erreur, très fâcheuse selon nous, qu'ont commise les promoteurs de la surchauffe appliquée aux locomotives en présentant celle-ci comme un moyen de remplacer la double expansion (1) alors qu'ils avaient tout intérêt à s'en faire une alliée. La double expansion a des avantages de deux ordres : thermique et mécanique. Dans le premier, la division du travail entre les deux cylindres successifs réduit l'importance de la condensation initiale aux cylindres et, par suite, la quantité de chaleur à emprunter à la vapeur venant de la chaudière pour réchauffer les parois pendant l'admission au petit cylindre; il en résulte que, si l'on emploie la vapeur surchauffée dans une machine compound, cette vapeur pourra conserver, après réchauffage des parois de ce cylindre, une plus grande portion de sa chaleur de surchauffe que si elle avait agi dans une machine à simple expansion et elle pourra donner, au moins partiellement encore, les

(1) M. W. Schmidt, un des promoteurs de cette application, a, dans celles qu'il avait fait précédemment aux machines fixes, et dans celles qu'il fait encore aujourd'hui, presque toujours employé des machines à multiple expansion.

avantages basés sur le plus grand volume qu'elle possède à poids égal, avantage indiqué sous le titre III au début de cette note.

Quant aux avantages de l'ordre mécanique consistant dans la moindre variation dans les efforts sur les pièces du mécanisme amenée, directement ou indirectement, par l'emploi de la double expansion, il est bien évident que la surchauffe ne peut y avoir aucune part.

Il est donc d'une sagesse élémentaire de demander à chaque genre de progrès ce qu'il peut donner et de faire appel à tous pour contribuer au perfectionnement de la locomotive à vapeur. C'est comme cela, croyons-nous, que les esprits raisonnables doivent envisager la question, au lieu de chercher à créer des antagonismes qui n'existent pas en réalité. Les promoteurs de la surchauffe basent sur l'économie d'eau qu'elle procure tout un programme de modifications dans le matériel de traction des chemins de fer, en proposant de généraliser l'usage de la machine-tender, dont la réduction des approvisionnements favorise l'emploi. La combinaison de la surchauffe avec la double expansion ne peut que faciliter cette solution en amenant encore une certaine réduction de ces approvisionnements.

Pour terminer cette note, déjà très longue, nous reviendrons sur le travail cité plus haut de M. Teuscher, pour indiquer les objections principales qu'il fait, non pas à la surchauffe elle-même, mais au surchauffeur de M. Schmidt (1). Ses critiques portent surtout sur les points suivants et nous engageons nos lecteurs à se reporter à ce sujet à la description succincte donnée à la page 488 du Bulletin de mars.

1° La circulation des gaz chauds ne se fait qu'une fois, de bas en haut, au contact des tubes du surchauffeur; il n'y a pas chauffage méthodique;

2° Les tubes du surchauffeur, très contournés pour épouser la forme de la boîte à fumée et pour former voûte au-dessus du débouché du carneau traversant le corps cylindrique, doivent avoir une assez forte épaisseur pour ne pas se déformer à la chaleur; c'est un obstacle à la transmission du calorique.

3° Le nettoyage de la surface extérieure des tubes du surchauffeur est impossible, or ces tubes se recouvrent d'oxyde et de cendres, ce qui nuit à la propagation du calorique à la vapeur à surchauffer (2);

4° Une partie de la chaleur des gaz provenant directement du foyer est employée en pure perte à chauffer les gaz de la boîte à fumée, par l'intermédiaire de la cloison circulaire qui sépare l'appareil de surchauffe de cette boîte, cloison dont la surface n'a pas moins de 6 m^2

(1) Nous devons dire que, dans une lettre insérée dans le Z. V. D. I. du 23 mai dernier et dont nous n'avons eu connaissance qu'en corrigeant les épreuves de cette note, M. Schmidt s'attache à réfuter les objections de M. Teuscher. Il ajoute que les inconvénients reprochés à son système de surchauffeur n'ont pas empêché celui-ci d'être établi sur 39 locomotives des chemins de fer de l'Etat Prussien, dont 12 à grande vitesse, 12 à voyageurs et 15 à marchandises.

(2) A la dernière réunion de l'*Iron and Steel Institute*, M. B. H. Thwaite a présenté une intéressante communication sur l'influence de la présence des poussières contenues dans les gaz de hauts fourneaux sur l'efficacité des fours à chauffer l'air; il y constate que ces poussières se fixant sur les surfaces gênent considérablement le passage de la chaleur.

dans les locomotives considérées, la différence de température entre les deux faces de cette cloison étant encore assez élevée.

5° La disposition du surchauffeur Schmidt, et surtout la présence du carneau de prise de gaz au foyer, paraît pouvoir donner lieu, dans certaines circonstances, à des accidents plus ou moins sérieux, comme cela s'est produit à Grünewald, où trois personnes présentes sur la locomotive, dont le Directeur Garbe, l'un des promoteurs du système, ont été grièvement brûlées. Cet accident paraît dû à la formation et à l'explosion d'un mélange détonnant dans le carneau ou le surchauffeur.

Il y a une chose certaine, c'est que la direction dans laquelle s'est produit l'accident a émis un règlement prescrivant quantité de précautions à prendre dans la conduite des locomotives à vapeur surchauffée pour prévenir le retour de ces accidents.

M. Teuscher est d'avis que toutes les difficultés qu'il a signalées proviennent du principe du surchauffeur pour locomotives de Schmidt, principe basé sur la prise directe de gaz du foyer, ce qui a pour effet, d'après lui, de diminuer le rendement de la chaudière et d'amener les différences constatées entre l'économie de vapeur et celle de combustible. Est-il possible de se passer de cette prise directe? Oui, dit cet Ingénieur, si on divise la surchauffe en deux étages, un pour la vapeur sortant de la chaudière, l'autre pour la vapeur traversant le réservoir intermédiaire d'une machine compound, car, à l'encontre des promoteurs actuels de la surchauffe, M. Teuscher n'est pas d'avis de se passer des avantages de la double expansion.

On emploie actuellement une surchauffe de 320 — 190 = 130 degrés. Si on divise cette surchauffe totale en deux étages, chacune sera de 65 degrés. La température de surchauffe de la vapeur sortant de la chaudière sera de 190 + 65 = 255 degrés, ce qu'on pourra probablement obtenir avec les gaz sortant à 315 degrés dans la boîte à fumée, la température de surchauffe de la vapeur passant des cylindres à haute pression aux grands cylindres sera de 155 + 65 = 220 degrés, température qu'on pourra à plus forte raison obtenir dans la boîte à fumée. Il est probable que la surchauffe ainsi divisée en deux étages donnera au moins d'aussi bons résultats que si elle était employée en une seule fois et on pourra se servir de formes de surchauffeurs plus rationnels et ne présentant pas les inconvénients qui ont été signalés. L'utilisation de la chaudière ne serait pas diminuée comme elle l'est avec le système actuellement employé et on pourrait obtenir des économies sensiblement les mêmes sur l'eau et sur le combustible, ce qui paraît n'être pas le cas jusqu'ici.

Il n'y a rien là que de très rationnel, et nous croyons que c'est dans cet ordre d'idées que la surchauffe est appelée à se propager sur les locomotives, peut-être plus que sous la forme actuellement en usage.

Force motrice obtenue par l'incinération des ordures ménagères. — D'après une communication de M. W. Francis Goodrich à l'*Institution of Electrical Engineers*, 160 villes en Angleterre possèdent déjà des installations pour la destruction des ordures ménagères et 45 de ces villes ont résolu d'utiliser cette destruction pour la

production de l'électricité. Il y a déjà en fonctionnement des installations pour la destruction de 1 900 *t* par jour. Dans 6 villes, on produit de 20 à 37,8 kilowatt-heures par la combustion d'une tonne d'ordures. A Darmen, la vaporisation moyenne est de 1,25 d'eau pour 1 de matières, moyenne basée sur l'utilisation de 10 000 *t* dans une année. L'Ingénieur de la ville, M. R. W. Smith Saville, a constaté que 13 320 m^3 d'eau avaient été vaporisés dans les chaudières chauffées à la houille, avec une dépense de 31 500 *f*, soit 2,36 *f* par mètre cube; or, les chaudières chauffées par les fours à brûler les ordures ayant vaporisé 11 400 m^3 d'eau, il aurait fallu pour cette production brûler pour 26 500 *f* de charbon si on n'avait pas utilisé les ordures comme combustible.

Dans une expérience faite à Nelson, laquelle a duré 473 1/4 heures, on a brûlé 140 *kg* de ces détritus par mètre carré de grille et par heure, la surface de la grille étant de 9,3 m^2 et on a transformé 1,85 *kg* d'eau à 100 degrés en vapeur à 100 degrés par kilogramme de matières; la vaporisation a été de 25 *kg* par mètre carré de surface de chauffe.

Dans deux autres essais, de durée moindre, la combustion s'est faite à raison de 280 et 334 *kg* par mètre carré de surface de grille et par heure avec des vaporisations de 1.5 et 1,96 par kilogramme de matières. La température dans la chambre de combustion variait entre 1 070 et 1 2?5° C. On se servait dans ces essais d'une chaudière type Lancashire de 2,44 *m* de diamètre sur 9,15 *m* de longueur, présentant une surface de chauffe de 91,6 m^2.

Emploi de l'émeri d'acier pour le travail des pierres et des métaux. — M. M. Kann a présenté récemment, à une séance de l'Association américaine pour l'avancement des Sciences, une communication renfermant d'intéressants détails sur la fabrication et l'emploi d'un produit récemment entré dans la pratique.

Son origine remonte déjà à une cinquantaine d'années à l'époque où on cherchait, en Allemagne, à remplacer le sable et l'émeri naturel en utilisant les débris de vieilles limes. Cette idée était simple en principe, mais, si on voulait obtenir un produit un peu uniforme, cela devenait compliqué et difficile, aussi y renonça-t-on vite. M. C. M. Lindsay reprit les essais aux États-Unis; il voulut s'en servir pour le travail des pierres et des marbres, mais il ne réussit pas à faire un procédé commercial.

Enfin, en 1889, M. Kann forma, sous le nom de *Pittsburg Crushed Steel Company*, une Société qui entreprit des essais et, après de nombreux insuccès, réussit à trouver le moyen de produire l'émeri d'acier d'une grosseur uniforme, à divers degrés de dureté et à un prix assez faible pour permettre à ce produit d'entrer en concurrence avec les matériaux de même genre, naturels ou artificiels.

Cet émeri est fabriqué avec de l'acier au creuset très carburé, chauffé à une température d'environ 1 300° C. et trempé ensuite dans l'eau. Le refroidissement brusque amène la division du métal en très petits morceaux; on les divise ensuite au moyen de masses et de machines à broyer. On obtient naturellement des grains de diverses grosseurs,

allant jusqu'à la poudre fine. On les trie avec des cribles pour en faire des assortiments d'une uniformité suffisante. On trempe alors le produit en le chauffant à la couleur paille et en le refroidissant ensuite par un courant d'air.

Il y a deux degrés de trempe : une moins forte pour les numéros 5 à 60, ce produit s'appelle acier broyé ou acier en grains; la trempe plus forte est pour les numéros 60 à 200, qu'on désigne sous le nom d'émeri d'acier.

Ces produits sont employés sur une grande échelle pour le sciage et le polissage des granits, marbres, pierres ordinaires et pierres lithographiques, taille de verre et de cristal, trous de mines, etc. Si on arrive à l'agglomérer comme on le fait pour l'émeri naturel pour en faire des meules, l'emploi s'en répandra beaucoup.

Une des principales applications est la taille des pierres; on a longtemps employé le sable pour ce travail, mais le sable a l'inconvénient de former une pâte et on dépense beaucoup de force pour un faible résultat; on a ensuite employé de la grenaille de fonte, qui a été en faveur pendant quelque temps, donnant de meilleurs résultats que le sable, mais qui a dû céder la place à l'acier pulvérisé.

La fonte est plus coûteuse que le sable et, de même, l'acier en grains est plus cher que la grenaille de fonte, à la fois à cause de la différence de prix des matières premières et par celle du coût de fabrication, mais le second est finalement plus économique d'emploi, parce qu'il dure davantage et qu'il agit plus efficacement à cause de la forme des grains. Il en faut moins pour un travail donné et la force motrice appliquée au sciage ou au polissage est mieux employée.

Les numéros correspondant aux plus gros grains 10, 12, 14 et 16, sont employés pour le travail des pierres à grain grossier, telles que le *brownstone* du Connecticut; le calcaire oolitique de l'Indiana se travaille avec les numéros de 30 à 36, et les pierres à grain fin et le marbre avec les numéros 46 à 50.

En mêlant une petite quantité de chaux vive à l'acier en grains, on empêche pendant quelque temps l'oxydation de celui-ci; ce procédé est employé dans les scieries de marbre. Pour dresser les surfaces du granit et les rendre aptes à recevoir le poli, on emploie de l'émeri d'acier plus ou moins fin, selon que la surface a été travaillée avec un marteau plus ou moins gros, et plus le grain laissé par l'outil est fin, plus doit l'être aussi l'émeri.

Le polissage doit s'opérer sous une faible pression, une pression plus forte que celle qui est strictement nécessaire ne fait qu'absorber de la force inutilement.

Il faut une quantité d'émeri extraordinairement faible pour polir le granit. Pour polir la pierre, tailler le verre à biseaux ou dresser des briques, on emploie l'émeri avec une roue métallique. Pour les pierres on a des roues de 3,60 *m* de diamètre, pour les briques de 1,80 et pour le verre de 0,75.

Le procédé est toujours le même; la roue agit comme une meule de moulin; elle reçoit l'émeri au centre, et le transporte à la circonférence, d'où il tombe dans un canal circulaire; dans ce canal se déplace une

palette qui ramasse l'émeri qu'une noria remonte au centre de la meule. On évite ainsi les pertes de matières et c'est ce qui fait qu'on en consomme très peu relativement au travail accompli.

On peut aussi remplacer par l'émeri d'acier, les diamants noirs dont on se sert avec les perforatrices annulaires. Ainsi, dans une carrière sur les bords du Lac Majeur, on a fait un trou de soude de 40 *mm* de diamètre et 20 *m* de longueur, avec de l'acier granulé du numéro 14, en dix heures. Dans des carrières de Cleveland, on a fait un trou de 0,15 *m* de diamètre et 39 *m* de longueur, par le même procédé. Pour faire ces trous annulaires, on emploie des tubes en fer à extrémité lisse et on envoie l'acier en grain sur la surface à attaquer, au moyen d'un courant d'eau.

L'émeri d'acier a été trouvé aussi avantageux que l'émeri naturel pour la taille des lentilles de cristal. Il agit plus rapidement et peut servir plusieurs fois; la taille est très uniforme. On commence avec les numéros 70 à 90 et on finit avec le 170. Les lentilles pour microscopes et pour appareils photographiques se font à très bon marché depuis l'introduction de cette méthode de travail.

Pour la préparation des pierres lithographiques, l'émeri français peut être avantageusement remplacé par l'émeri d'acier nos 150, 160 et 170. Mais un champ très vaste d'application se trouve dans le domaine de la construction mécanique. Les plus importants ateliers de chemins de fer du Canada et des États-Unis font un large emploi de l'acier granulé et de l'émeri d'acier. De l'acier trempé qui ne se laisse pas entamer par la lime, cède à l'action de l'émeri d'acier, et c'est un point très important pour le travail de pièces sujettes à se déformer à la trempe. Une remarque intéressante à faire est que l'ouvrier qui se sert de l'émeri d'acier peut être amené à croire que cet émeri est consommé, alors qu'il ne l'est pas encore, parce que le bruit de l'attaque cesse. Cela tient à ce que la limaille provenant du travail fait, avec l'émeri et l'huile, une pâte qui n'a plus d'effet; il suffit d'ajouter un peu d'huile et on peut encore travailler un certain temps avec la même quantité d'émeri.

Il y a quelques années, la Société américaine de l'émeri d'acier a mis en évidence la valeur de ses produits, par le sciage de deux grands blocs météorites, fournis par le professeur M. A. Ward, de Rochester.

On sait que les météorites sont généralement constitués par du fer contenant de l'iridium et autres métaux qui leur donnent une dureté et une ténacité remarquables. Le plus petit de ces blocs, pesant 195 *kg*, a été divisé par le milieu par une scie horizontale à huit lames en fer, de 2,40 *m* de longueur, 0,10 *m* de largeur et 5 *mm* d'épaisseur, en feuilles de 5 *cm* d'épaisseur; le plus gros, qui pesait 250 *kg*, a été débité avec une scie semblable, mais à douze lames.

L'exposition de ces feuilles montrant la constitution intérieure des météorites a été une réclame de premier ordre pour l'émeri d'acier. Nous extrayons ces renseignements du *Giornale dei Lavori Pubblici*.

La production du charbon dans le monde. — Les chiffres suivants, que nous trouvons dans le *Journal of the Society of Arts*, per-

mettent d'apprécier avec quelle rapidité la production du charbon a augmenté, surtout dans ces dernières années.

En 1864, la production totale de charbon pour le monde entier s'élevait à 171 millions de tonnes ; en 1883, elle était de 444 millions et, en 1901, de 773 millions, chiffre donné par le Bureau de Statistique de Washington.

On ne peut guère donner de nombres un peu exacts pour les époques précédentes ; cependant, en partant des statistiques anglaises postérieures à 1854 et aux documents analogues pour la France, la Belgique, l'Allemagne et l'Autriche-Hongrie, on peut avoir une idée approximative de la production à certaines époques. Ainsi, cette production peut être estimée, pour 1860, à environ 141 millions de tonnes, ce qui représente le cinquième de celle de 1901 et beaucoup moins que la production actuelle de la Grande-Bretagne et des États-Unis. Dix années plus tôt, ce chiffre pouvait être de 83 millions de tonnes, en 1840 la production ne devait guère dépasser beaucoup 40 millions, et, en 1820, 17 millions. La quantité extraite a donc, depuis cette époque, augmenté dans le rapport de 1 à 45.

Si les chiffres antérieurs à 1864 manquent de précision, en l'absence de statistiques sérieuses, ils suffisent cependant à montrer l'énorme développement qu'a pris l'industrie dans les années suivantes. La production du charbon peut être considérée comme concentrée dans trois pays particulièrement : la Grande-Bretagne, l'Allemagne et les États-Unis, qui, dans les trente dernières années, ont fourni ensemble les cinq sixièmes de la production totale du monde. Représentant seulement le dixième de la population du globe, ces trois pays ont produit les 83 centièmes du charbon extrait dans le monde, alors que les 90 0/0 restant de la population n'ont produit que 17 0/0.

Le rôle prépondérant joué dans cette question par le premier groupe, subsisterait même si on retranchait du second les populations sauvages ou à demi-barbares.

Dans le second groupe, figure la Belgique, qui présente cette particularité de produire et de consommer plus de charbon par habitant qu'aucune autre contrée, à l'exception de la Grande-Bretagne, mais le faible chiffre de sa population la place dans la seconde catégorie des pays producteurs de houille.

Si la production des trois contrées que nous avons nommées tient toujours la tête pour le charbon, leurs rangs relatifs ont changé. En 1868, le Royaume-Uni produisait trois fois autant de houille que les Etats-Unis ou l'Allemagne, les productions de ces trois pays étant approximativement de 52, 14,5 et 16,5 0/0 de l'extraction totale du monde. En 1870, les proportions étaient encore sensiblement les mêmes, bien que les Etats-Unis eussent pris quelque avance sur l'Allemagne. En 1875, le Royaume-Uni était encore en tête, les productions des trois pays étant respectivement de 45, 20 et 18 0/0 de la production totale du monde. Mais l'extraction américaine s'est depuis développée très rapidement en même temps que celle de la Grande-Bretagne diminuait, si bien que les proportions devenaient 36, 28 et 18 0/0. Cette différence s'est encore accentuée à la fin du siècle dernier et, en 1896, les chiffres

correspondants étaient 34, 30 et 19 0/0. En 1899, pour la première fois, la production des Etats-Unis a dépassé celle de la Grande-Bretagne et cette avance a continué. En 1901 la production des Etats-Unis a atteint un total plus élevé que celle de la Grande-Bretagne et de ses colonies, les proportions de la production totale ont été 34 0/0 pour les Etats-Unis, 28 pour le Royaume-Uni et 19,2 pour l'Allemagne, total 81,2 0/0 de l'extraction du monde entier, contre 83 en 1868.

Préparation industrielle de l'oxygène. — Jusqu'ici, la fabrication de l'oxygène n'existe que dans quelques villes, telles que Paris, Londres et Berlin, où on emploie l'ancien procédé proposé, en 1850, par Boussingault et basé sur la propriété de la baryte de se suroxyder en présence de l'air et d'abandonner ensuite l'oxygène ainsi absorbé. Cette méthode exige une installation coûteuse et une manipulation délicate. Pour que la baryte conserve sa propriété de fixer l'oxygène atmosphérique, il est nécessaire de la dépouiller avec soin des poussières, de l'humidité et de l'acide carbonique qu'elle peut contenir, et, bien que les frères Brin aient considérablement perfectionné les appareils employés dans cette méthode, on ne peut recueillir qu'une assez faible proportion de l'oxygène contenu dans le peroxyde de baryum.

Il reste d'ailleurs, dans les pores de celui-ci, de l'azote contenu dans l'air et amené par la circulation de celui-ci, de sorte que le gaz ne peut dépasser la proportion de 92 à 93 0/0 d'oxygène pur. Le prix de revient, par ce procédé, est encore assez élevé.

Kassner, en étudiant les combinaisons que l'oxyde de plomb forme avec la chaux en présence de l'air, a reconnu que ce composé pouvait devenir une source économique d'oxygène dans les cas où on peut avoir de l'acide carbonique à bon marché. On a trouvé ces conditions à Herste, près de Driburg, où le sol laisse passer des quantités abondantes d'acide carbonique ; on y a établi une petite usine d'essai qui a donné des résultats satisfaisants.

Le procédé consiste à faire réagir l'acide carbonique sur du plombate de chaux chauffé au rouge. L'oxygène est mis en liberté et l'acide carbonique qui l'a remplacé est ensuite chassé lui-même par un courant de vapeur d'eau. Si on fait passer ensuite de l'air atmosphérique, le plombate de chaux se reforme et le cycle des transformations se continue indéfiniment.

Avec cette méthode, on peut obtenir l'oxygène à un prix assez bas, parce qu'on peut recouvrer de 33 à 50 0/0 de la quantité contenue dans la matière mise en œuvre. Il n'est nullement nécessaire que l'air soit épuré ou comprimé et il n'y a pas besoin de faire le vide dans l'intérieur des cornues, de sorte que les manipulations sont plus simples et moins coûteuses que dans la méthode Brin. Comme l'azote est entièrement chassé par le courant de vapeur, on peut obtenir du gaz contenant 96 à 99 0/0 d'oxygène pur.

Il semble que le procédé Kassner pourra être employé avec des fourneaux à cuve, ce qui aura pour effet de réduire beaucoup la consommation de combustible. Il faut de l'acide carbonique pur, mais, d'autre

part, le plombate de chaux conserve indéfiniment sa contexture poreuse et ne perd point son aptitude à fixer l'oxygène de l'air.

Nous trouvons ces renseignements dans l'*Industria*, qui cite comme source l'*Uhland's Technische Rundschau-Chemische Industrie*, 1903, n° 2.

Extraction de l'étain des rognures de fer-blanc (1). — On a proposé différentes méthodes pour retirer l'étain des rognures de fer-blanc. Dans l'une d'elles, l'étain est dissous dans de l'acide chlorhydrique et, ensuite, précipité par du zinc, puis un lait de chaux précipite d'abord le zinc et ensuite le fer de la liqueur. Dans une autre méthode, les rognures sont traitées par du chlorure de fer acide et la dissolution, qui contient des chlorures de fer et d'étain, est filtrée sur un mélange d'oxydes de fer et d'étain jusqu'à saturation, après quoi l'étain est précipité par du fer métallique.

Une autre méthode consiste à faire agir de l'acide chlorhydrique gazeux sur les rognures jusqu'à attaque du fer ; on précipite l'étain de la dissolution formée par du zinc. On lave le précipité avec de l'acide sulfurique étendu, on sèche, on fond l'étain et on le coule dans des moules. Un autre système par voie sèche consiste à traiter les rognures dans des tonneaux tournants, par une lessive de soude et de la litharge en présence de vapeur ; il se forme du stannate de soude et le plomb se sépare d'après la formule suivante :

$$Sn + 2NaHO + 2PbO = Na_2SnO_3 + 2Pb + H_2O.$$

Le stannate de soude est évaporé à siccité et vendu sous cette forme, ou bien la dissolution est précipitée par un courant d'acide carbonique, et l'oxyde qui en résulte est fondu avec du charbon et de la chaux dans un four à réverbère. Le plomb spongieux qu'on obtient dans l'opération est chauffé dans un courant d'air et retransformé en litharge qu'on emploie de nouveau.

A Uetikon, sur le lac de Zürich, on prépare du chlorure d'étain en chauffant les rognures en présence de chlore sec. On opère dans un cylindre en fer de 4 *m* environ de hauteur et de 0,70 *m* de diamètre, muni d'un double fond percé de trous sur lequel on place les rognures, le chlore gazeux étant introduit par la partie inférieure. L'étain est transformé en chlorure qu'on recueille dans un récipient sous forme de liqueur fumante. En ajoutant de l'eau peu à peu, on précipite le chlorure, qu'on emploie pour la teinture.

Un autre procédé consiste à faire bouillir les rognures avec de la soude caustique et de la pyrolusite ; la solution de stannate de soude qui en provient, est traitée par l'acide acétique qui précipite l'acide stannique. On peut encore préparer le stannate de soude en arrosant les rognures avec une lessive de soude de 18 à 20° Baumé en présence d'un courant d'air.

Enfin, on peut traiter les rognures par l'acide chlorhydrique ou l'acide nitrique et précipiter l'étain de la dissolution par le zinc. L'étain qu'on obtient sous forme spongieuse est dissous dans l'acide chlorhydrique et on fait cristalliser le chlorure obtenu.

(1) Extrait de l'*Iron and Coal Trades Review*.

On a aussi proposé un grand nombre de méthodes pour retirer l'étain des rognures au moyen du courant électrique, mais la plupart ne paraissent pas avoir passé dans la pratique. Borchers a proposé d'employer comme électrolyte une dissolution à 12 ou 15 0/0 de sel marin contenant 3 à 5 0/0 de stannate de soude. Ce bain, à cause de la grande conductibilité du sel marin, convient mieux qu'une dissolution de stannate de soude pur. Avec un courant de 50 à 150 ampères par mètre carré et un potentiel de 2 à 3 volts, on obtient l'étain sous forme spongieuse et, en le lavant et le séchant, on peut le fondre et le couler en lingots. La température du bain doit être de 40 à 50° C. Le vase de fer dans lequel on opère forme un des pôles et un panier en fer l'autre pôle.

Keith se sert d'une lessive de potasse caustique additionnée de sel marin. Le mélange est placé dans un vase de fer et les rognures, qui sont mises en communication avec le pôle positif, dans un panier. Dans une autre méthode, le bain est de l'acide sulfurique étendu, et on emploie comme cathode une plaque de cuivre étamé, les rognures forment l'anode ; elles sont suspendues dans une cage en bois immergée dans le bain.

La dynamo donne un courant de 240 ampères avec une tension de 15 volts; la puissance correspondante est de 7 *ch*. L'étain se sépare sous forme spongieuse tant que le bain reste acide.

Dans un procédé breveté par G. Bergsoe, on fait agir sur l'étain du chlorure d'étain, il se forme du sous-chlorure d'étain, dont on précipite l'étain par électrolyse et le sous-chlorure repasse à l'état de chlorure, qu'on utilise de nouveau.

D'autres méthodes ont été proposées récemment, et toutes, y compris celles dont nous venons de parler, sont considérées comme non applicables, en pratique, par le docteur Hans Mennicke, dans un ouvrage publié cette année en Allemagne (1).

Les seuls procédés qui soient à peu près réalisables et qui, en même temps, soient économiques, d'après le docteur Mennicke, sont ceux dans lesquels l'étain est mis en dissolution par une lessive de soude ou de sels d'étain avec l'aide d'un courant électrique, et où l'étain est ensuite précipité du liquide. La séparation de l'étain sous forme de cristaux ou d'éponge peut être effectuée dans le vase où a eu lieu l'attaque des rognures, ou dans un vase séparé. Dans ces méthodes, la température et la composition des solutions jouent un rôle important, parce qu'elles agissent sur la conductibilité et, par suite, sur l'utilisation du courant et le rendement économique du procédé.

Dans le récipient où a lieu l'attaque des rognures et où l'étain est séparé par électrolyse, le bain consiste en lessive de soude, dissolution de stannate de soude, carbonate de soude, matières grasses et résineuses en combinaison avec la soude et provenant de matières colorantes existant sur le fer-blanc. Il y a aussi des composés de plomb et de fer.

En réglant soigneusement la température de manière que les écarts ne dépassent pas 10°, la séparation est facilitée et on obtient le précipité

(1) *Zur Verwertung speziell der Wiedergewinnung des Zinns von Weissblechabfällen*, von Doctor Hans Mennicke, Ferdinand Enke, Stuttgart.

sous forme cristalline ou spongieuse. Cette seconde forme est due à la présence, dans le bain, des impuretés susmentionnées, dont il est impossible de l'affranchir entièrement. L'étain ainsi obtenu contient de 60 à 70 0/0 d'étain, 3 à 7 de fer, 2 à 4 de plomb, et des traces de cuivre, d'antimoine et même de bismuth. Le reste est formé d'oxygène, d'eau, de matières organiques, de sable, terre, etc. On peut enlever une partie de ces impuretés par un lavage efficace. *(A suivre.)*

Téléphones d'usines et appareils avertisseurs. — *Le Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse* contient, sous le titre qui précède, une note de M. R. Venables, qu'il nous paraît intéressant de de reproduire.

Il est inutile d'insister sur la nécessité d'un réseau téléphonique dans une usine où il existe des ateliers importants dispersés à des distances plus ou moins grandes du bureau central, mais il convient de choisir le système le mieux approprié à chaque cas.

Deux systèmes nettement différents se présentent : le premier, et le plus souvent employé au début, consiste à tirer une ligne téléphonique directe, partout où le besoin s'en fait sentir ; ceci se traduit généralement par une série de lignes rayonnant des cabinets d'un ou de plusieurs directeurs.

Ce système est imparfait en ce qu'il laisse de côté les nombreuses occasions où les chefs des différents services ont besoin de se demander mutuellement des renseignements ; il a, de plus, l'inconvénient de se prêter mal aux agrandissements successifs de l'usine.

Le deuxième système ramène toutes les lignes partant des différents postes en un seul point, où elles sont reliées à un tableau central qui permet de faire communiquer entre eux deux postes quelconques, comme cela se fait dans l'installation habituelle d'une ville.

Le tableau dans le poste central est alors généralement desservi par un ou plusieurs employés ; mais, dans le cas d'une usine ayant un nombre considérable de communications, l'employé au tableau central serait dans l'impossibilité de se livrer à une autre occupation utile, tout en n'ayant pas son temps entièrement occupé.

Frappée de cet inconvénient, la Société Alsacienne de constructions mécaniques s'est adressée à la maison Clark Automatic Telephone Switchboard C°, de Philadelphie, pour la fourniture d'un de leurs postes centraux automatiques.

Le système Clark consiste dans l'adjonction à chaque poste de téléphone, qui peut être de n'importe quel modèle courant, d'un cadran divisé qui commande une roue à contacts, laquelle est reliée, par un fil spécial, à un aimant au poste central. Il y a un aimant pour chaque cadran et l'armature de l'aimant commande une roue dentée, solidaire d'un commutateur, de telle façon que le cadran, la roue à contacts et le commutateur parcourent toujours le même chemin angulaire.

Il arrive donc qu'en mettant l'aiguille du cadran d'un poste sur un chiffre quelconque, le bras du commutateur correspondant du poste central se met à son tour sur le plot désigné par le même chiffre. Or, comme le fil de téléphone de chaque poste est relié au fil de téléphone

du poste qui porte son numéro, on obtient, par le fait, une communication directe entre le poste appelant et le poste appelé.

Pour éviter qu'un mouvement trop rapide de la roue à contacts ne vienne jeter le trouble dans le fonctionnement de l'aimant correspondant, on a intercalé un échappement d'horlogerie entre celle-ci et son cadran; on assure ainsi le synchronisme du commutateur avec la roue.

Le courant pour la manœuvre du commutateur est fourni par une petite batterie de huit éléments d'accumulateurs installée au poste central.

La ligne de retour du téléphone et des commutateurs étant commune et pouvant se faire par la terre, il faut deux fils allant de chaque poste jusqu'au poste central. Comme, cependant, on pouvait craindre, à la Société Alsacienne, l'influence des installations électriques à haute tension, dont une partie est à courant alternatif, il a paru prudent de poser un fil isolé pour le retour, afin de le soustraire à toute influence parasite.

La terre restant ainsi disponible comme conducteur, il a été décidé de l'employer pour permettre à la batterie du poste central de fournir le courant nécessaire pour les sonneries d'appel du téléphone. Un des pôles de la batterie étant, en effet, relié au fil commun et l'autre à la terre, on disposait, partout où passait ce fil commun, d'une différence de potentiel de 12 volts. L'économie ainsi réalisée a été d'environ 10 à 12 *f* par téléphone, mais il en est résulté une autre économie bien plus importante. Cette autre économie concerne toutes les différentes sonneries de l'usine, notamment celles qui annoncent dans les ateliers les heures d'arrêt ou de reprise du travail.

Comme il est dit ci-dessus, on disposait d'une tension de 12 volts sur presque toute l'étendue de l'usine; il était donc indiqué de l'employer pour ces sonneries et, en deux mois, on a pu retirer du service environ 400 éléments Leclanché, dont l'entretien seul coûtait plus de main-d'œuvre que toutes les réparations nécessitées par une station centrale qui fournit 500 *ch* à 150 moteurs. On peut ajouter que cette tension de 12 volts reste disponible pour tout appareil électrique à basse tension que l'on pourra appliquer à l'avenir. Dans les filatures et tissages, une installation pareille pourrait, avec les précautions nécessaires, fournir avantageusement le courant pour le fonctionnement des déclics à aimant qui sont d'un emploi courant sur certaines machines.

Voici sur les téléphones quelques détails qui peuvent ne pas être sans intérêt.

Le poste Clarke se fait pour un maximum de 72 postes; celui installé à la Société Alsacienne est prévu pour 72, mais ne possède momentanément que 24 commutateurs, 12 autres sont en commande.

La batterie d'accumulateurs, composée de 8 éléments, a une capacité de 36 ampère-heures et peut donner 12 ampères à la décharge. Elle se charge une fois par mois. Quand on sonne dans tous les ateliers à la fois, comme par exemple à midi, le débit de la batterie est de 8 ampères, mais cela ne dure que quelques secondes.

L'utilité d'un réseau téléphonique peut être appréciée par le fait que le poste central donne environ 100 communications par jour pour les 24 postes, et qu'en complétant successivement le réseau, au fur et à

mesure des besoins, par l'addition de nouveaux postes, l'utilité de ceux qui existent déjà se trouvera augmentée.

Un autre point qui ressort de l'expérience de la Société Alsacienne de constructions mécaniques est qu'il y a avantage, même quand on n'installe pas de téléphones, à centraliser et à canaliser les courants à basse pression dans une usine, tout comme on le fait pour les courants à haute tension. Du coup disparaissent presque tous les petits ennuis que peuvent causer les piles et, si un dérangement se produit, on est en mesure de le localiser presque instantanément.

On peut ajouter que la possession, sur toute l'étendue de l'usine, d'une source de courant, facilite d'une manière remarquable l'application de beaucoup de dispositifs permettant d'éviter des courses et de gagner du temps.

Parmi ces dispositifs on peut citer :

1° Un contrôleur de rondes, lequel, au moyen d'un fil unique traversant l'usine, inscrit sur une bande de papier contenue dans une horloge au bureau, les heures auxquelles chaque poste a été visité;

2° Un appareil analogue permettant au directeur d'usine de signaler au bureau, pendant ses tournées à l'atelier, l'endroit où on peut le trouver;

3° Les horloges électriques;

4° Les appareils nommés dans la marine des « transmetteurs d'ordres » ou « telegraphs », qui se composent d'un cadran divisé en segments dont chacun représente un ordre et devant lequel se meut une aiguille;

5° Les indicateurs à distance du nombre de tours que fait un arbre quelconque;

6° Divers appareils tels que : indicateurs à distance du niveau d'un réservoir, pyromètres à résistance électrique, etc., etc.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Avril 1903.

Rapport de M. J.-J. Pillet sur un **système de constructions démontables** imaginé par M. Espitalier, Lieutenant-colonel du génie territorial.

Il n'y a pas à démontrer l'utilité des constructions démontables qui trouvent de nombreuses applications pour les ambulances de guerre, les installations coloniales, les chantiers de travaux publics, etc.

M. Espitalier a réalisé deux systèmes. Le premier, dit *tubulaire* ou *à caissons*, comporte trois éléments : un pour la muraille, un pour la toiture, et un pour le plancher; ces éléments sont formés de caissons de 2 à 3 *m* de hauteur, 1 *m* de largeur et 0,10 à 0,12 *m* d'épaisseur, en carton spécial dur et imperméable; ces éléments s'assemblent très rapidement. Il est indiqué qu'une construction pour ambulance de 16,5 *m* de longueur, 5 *m* de largeur, soit 80,70 m^2 de surface, pèse par mètre carré de surface couverte 40 *kg*, peut être montée en quatre heures par cinq hommes et coûte 5000 *f*, soit 62,20 *f* par mètre carré.

Le second système, dit *à ossature et à parois indépendantes*, a pour élément résistant l'ossature formée de tubes en acier avec lesquels on fait les montants verticaux, les arbalétriers, contre-fiches et pannes. L'assemblage se fait par des pièces spéciales, goujons, colliers, etc., en acier fondu. Les murailles, planchers, sont en panneaux de bois ou en toile collée sur de la fibre de coco, avec enduit spécial; la couverture est en tôle galvanisée. Le montage, le démontage et le transport sont très faciles.

Recherches sur la dilatation des aciers aux températures élevées, par MM. G. Charpy et L. Grenet.

Les auteurs citent d'abord les principaux travaux exécutés sur la question dans ces dernières années, notamment par Gore, M. Evrard et M. H. Le Chatelier. Pour leurs recherches, ils ont employé une modification de l'appareil employé par MM. Le Chatelier et Coupeau, pour étudier la dilatation des pâtes céramiques et dans lequel la différence de dilatation entre la pièce d'essai et un support en porcelaine est mesurée par le déplacement angulaire d'un rayon lumineux réfléchi. Les températures sont appréciées au moyen d'un couple Le Chatelier formé de fils de platine et de platine iridié.

Les essais ont porté sur des aciers à diverses teneurs en carbone et des aciers au nickel. Les résultats sont donnés sous forme de tableaux.

Rapport de M. Ringelmann, sur **les propriétés physiques et mécaniques des engrais**, par M. Henry Dupays.

La note de M. Dupays est reproduite *in extenso* à la suite du rapport. L'auteur y examine successivement les propriétés physiques des engrais, savoir : teneur en eau, degré de finesse, densité, proportions relatives des vides et des pleins, talus naturel, puis les propriétés mécaniques : tassement, influence du tassement sur le volume des vides, étude de frottement, influence du mécanisme des distributeurs et influence de la section des orifices de distribution.

Expériences sur le travail des machines-outils, par M. Codron.

Dans cette partie, l'auteur étudie les copeaux de forage et leur conformation qui est très complexe et varie avec la nature du métal, l'épaisseur enlevée, la forme du foret, etc. La note donne un grand nombre de reproductions de formes de copeaux de divers métaux, obtenus dans diverses conditions.

Conservatoire national des Arts et Métiers. — *Office national de la Propriété industrielle.*

Il s'agit d'un extrait d'un rapport de notre Collègue, M. Liébaut, publié dans le *Journal Officiel* du 9 mars 1903, sur l'Office national de la propriété industrielle, établi au Conservatoire des Arts et Métiers.

Notes de mécanique. — On trouve dans ces notes la description de la machine d'extraction des mines de Bruay, d'un indicateur pour mesurer les pressions instantanées et très élevées de MM. Pétavel et Kingsmill, une note sur l'application des dynamos triphasées à la conduite des machines-outils, d'après M. A. C. Eborall, et une sur les tours verticaux construits par les ateliers Ducommun.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Mai 1903.

District de Saint-Étienne.

Réunion du 4 avril 1903.

Communication de M. Clapier, sur **un voyage en Westphalie, effectué en juin 1902.**

L'auteur décrit d'abord divers appareils exposés à Dusseldorf, savoir : machines d'extraction électriques et à vapeur, pompes souterraines électriques et à vapeur, compresseurs d'air, chevalements, cages et accessoires de puits, signaux dans les mines, transports mécaniques à l'intérieur, éclairage et aérage, condensations centrales et chaudières, puis donne des observations relatives à divers sièges d'extraction du bassin de Westphalie.

DISTRICT DU CENTRE.

Réunion du 15 février 1903.

La réunion a eu pour objet la visite de la fabrique de meubles de MM. Génichon frères, à Montluçon. Le Bulletin contient une note intéressante sur les travaux exécutés dans cette fabrique et sur l'industrie des bois employés pour les meubles.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 18. — *2 mai 1903.*

Ordre du jour de la quarante-quatrième Assemblée générale de l'Association des Ingénieurs allemands, à Munich et à Augsbourg en 1903.

Recherches sur les pressions exercées en vases clos par l'explosion de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone, par A. Langen.

Expériences sur des moteurs à alcool et sur un moteur Diesel, et compte rendu des essais sur des locomobiles à alcool, faits en 1902, par la Société allemande d'Agriculture, par E. Meyer *(suite)*.

Essais au frein sur une turbine radiale, construite par la fabrique de machines Briegleb, Hansen et C°, à Gotha, par A. Pfarr.

Compresseur compound avec soupapes articulées, système Hoerbiger, par L. Walther *(fin)*.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Machines de filature.

Groupe de Francfort. — Les moulins Germania, à Mannheim.

Groupe de Hambourg. — La transmission Grisson. — Les accumulateurs électriques en théorie et en pratique.

Groupe de Westphalie. — Nouvelle construction de locomotives.

Bibliographie. — Technologie de la dynamo, par E. Schulz.

Revue. — Expériences sur une machine à vapeur surchauffée de Schmidt. — Expériences de vaporisation. — Moteur triple à quatre temps, système Letombe.

N° 19. — *9 mai 1903.*

Exposition de Dusseldorf. — Les usines métallurgiques, par Fr. Frölich *(suite)*.

Le canal de Panama, par W. Kaemmerer.

Expériences sur des moteurs à alcool et sur un moteur Diesel et compte rendu des essais sur des locomobiles à alcool faits en 1902, par la Société allemande d'Agriculture, par E. Meyer *(fin)*.

Exposition de Dusseldorf. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

Expérience de rendement sur une machine frigorifique de Linde, par E. Brauer.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — École royale supérieure de construction de machines d'Aix-la-Chapelle. — Développement de la grande industrie chimique, d'après Robert Hasenclever. — Le béton armé et son emploi dans les constructions.

Groupe du Rhin moyen. — Reconstruction du pont de chemin de fer, à Hochheim.

Bibliographie. — Le tirage et le contrôle du chauffage des chaudières, par M. E. Donath.

Revue. — Le barrage de l'Urft. — Fabrication du ciment avec les laitiers de haut fourneau. — Tracé des courbes cycloïdales. — Législation américaine sur les patentes d'invention.

N° 20. — *16 mai 1903.*

Déplacement de l'eau pendant la marche d'un navire et son influence sur la résistance de la coque, par R. Haack.

Progrès dans la construction des machines-outils en Allemagne, par F. Ruppert *(suite)*.

Fabrication à la presse des essieux creux pour chemins de fer, par Fr. Frölich.

Enseignement technique en Angleterre.

Machine à tracer les profils des dents d'engrenages, par F. Haas.

Groupe de Breslau. — Les installations électriques n° 2 à Breslau. — Les tuyautages de vapeur dans les installations de force motrice.

Réunion générale des métallurgistes allemands à Dusseldorf le 26 avril 1903.

Revue. — Expériences sur une machine à vapeur de 250 *ch*.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

La construction en ciment armé (1), par MM. C. Berger, Architecte, et V. Guillerme, Ingénieur civil.

Les constructions en ciment armé ont pris, depuis plusieurs années, une extension considérable. Les adversaires de ce nouveau mode de construction diminuent de plus en plus, et, malgré quelques accidents (extrêmement rares proportionnellement au nombre d'applications déjà faites), l'emploi du ciment armé se généralise chaque jour davantage.

Sans doute, la méthode définitive du calcul de résistance n'est pas encore trouvée. On en est toujours à la période d'expérience, et la preuve en est dans la diversité des théories existantes et qui émanent d'ingénieurs éminents, tels que MM. Lefort, Considère, Résal, etc. Mais les services que peut rendre le ciment armé sont tels et d'ordres si divers, qu'il était regrettable qu'il ne se fût trouvé jusqu'ici aucun ouvrage étudiant la question d'une façon complète et donnant sur ce sujet tous les renseignements que l'on possède à l'heure actuelle.

Cette lacune a été comblée par MM. C. Berger et V. Guillerme.

Leur très important travail constitue un traité théorique et pratique du ciment armé. C'est une œuvre très considérable dont la place est certainement marquée dans la bibliothèque des ingénieurs s'occupant de construction et des architectes.

La première partie de l'ouvrage est occupée par des généralités sur les applications multiples du ciment armé et par l'exposé des diverses méthodes de calcul préconisées jusqu'ici.

C'est ainsi que les auteurs passent successivement en revue les travaux de M. Lefort, qui conclut à la supériorité de la poutre à double armature symétrique, les expériences qui ont servi à M. Considère à établir sa méthode de calcul des pièces soumises à la flexion, les recherches de M. Harel de la Noë, et, en dernier lieu, celles de M. Résal.

En lisant les chapitres consacrés à ces divers travaux, on se rend bien compte que l'étude des conditions de résistance du ciment armé est une science neuve, dans laquelle les idées ne sont pas encore nettement fixées, bien que certains points soient dès maintenant définitivement acquis et confirmés par l'expérience.

Ce qui rend du reste cette étude extrêmement délicate, c'est la diversité des applications du ciment armé qui peut, suivant les cas, résister à des efforts absolument opposés, soit de traction, soit de compression, soit de flexion, qui peut servir pour constituer des ponts, des réservoirs, des piliers, des planchers, etc.

Il est évident qu'avec un produit aussi souple il est bien difficile

(1) In-8, 255 × 165 de VIII-886 p. avec 486 fig. et atlas 315 × 240 de 49 pl. Paris, Vve Ch. Dunod, 1902. Prix br. 40 *f.*

d'arriver du premier coup à une théorie générale, et il faudra encore de longues et minutieuses recherches avant d'aboutir à ce résultat.

La seconde partie du travail de MM. Berger et Guillerme, la plus importante et la plus directement utile, comprend la description des divers procédés de construction employés par les principaux constructeurs. Cette seconde partie, accompagnée d'un atlas de planches, constitue une véritable monographie du ciment armé.

Chaque constructeur y est représenté par les principales applications de son système.

Ici encore, il est facile de se rendre compte de la diversité de procédés employés, soit que l'on utilise les poutres à une ou deux armatures symétriques ou dissymétriques reliées par des étriers de divers modèles (systèmes Coignet et Hennebique), soit que l'on adopte le système de l'épine-contrefort avec dalles à treillis de M. Cottancin, soit que l'on se serve du système à grillages et à câbles de M. Mattrai, etc.

Successivement, MM. Berger et Guillerme examinent, outre les systèmes des constructeurs dont nous venons de parler, ceux de MM. Bonna, J. et A. Pavin de Lafarge, Piketty, Boussiron, Giros et Loucheur, Demay frères, Coularou, Dégon, Bordenave, Luipold, de Vallière, Munch, Walter-Gérard, de la « Columbian Fire-Proofing C° », de la Société du Métal déployé, de la Société des Travaux en ciment de la Plaine-Saint-Denis, de la Société Amsterdamoise (Wittenburg), de la Société des Chaux et Ciments de la Porte-de-France, et de la Société des Chaux et Ciments de Crèches.

On voit, d'après cela, l'intérêt considérable que présente l'ouvrage de MM. Berger et Guillerme.

Les ingénieurs-constructeurs et les architectes ne pourront que les féliciter de l'œuvre accomplie qui est certainement destinée à leur rendre des services signalés et à développer l'emploi de ce produit si remarquable et si utile quand il est judicieusement appliqué.

Georges Courtois.

Le ciment armé et ses applications (1) par M. A. Morel.

Ce petit ouvrage continue la série des Aide-Mémoire faisant partie de l'*Encyclopédie Scientifique des aide-mémoire*, publiés sous la direction de M. Léauté, Membre de l'Institut.

C'est un résumé très succinct et très complet de l'état actuel des connaissances théoriques et pratiques sur le ciment armé.

L'auteur décrit d'abord les travaux de MM. Christophe, Lefort, Considère, Harel de la Noë et Résal. Il passe ensuite en revue les diverses applications auxquelles peut se prêter le ciment armé, puis, après avoir indiqué les matériaux employés et la manière de les utiliser, il donne un aperçu des méthodes employées par les principaux constructeurs, le tout très résumé, comme il convient à un aide-mémoire.

(1) Un vol. in-8, de 190 × 120 de 158 p. avec 100 fig. 1902. Paris, Gauthier-Villars et Masson et C^ie^. Prix broché : 2,50 *f*.

Une bibliographie, très complète, placée à la fin du volume, permet aux Ingénieurs de se reporter aux ouvrages donnant des renseignements plus étendus sur chacune des questions traitées dans ce petit volume.

Georges Courtois.

Le Nouveau Port de Bizerte (Tunisie), publié par les soins de la Compagnie du Port de Bizerte.

Le Nouveau Port de Bizerte, est un beau volume publié par les soins de la Compagnie du Port de Bizerte, à l'occasion du voyage de M. le Président de la République en Algérie et en Tunisie.

Cet ouvrage, que notre Collègue M. Abel Couvreux, Administrateur délégué de la Compagnie du Port de Bizerte, a pris soin de nous envoyer, est une série d'études sur le nouveau port ; il contient de nombreux dessins, plans, cartes et photogravures qui le rendent très attrayant.

On peut, en le parcourant, suivre toutes les phases de cette entreprise, entre autres l'exécution des travaux, dont la plus grande part est l'œuvre de la Compagnie du Port de Bizerte.

L'ouvrage est divisé en cinq chapitres bien distincts :

1° *Aperçu Géographique*, de M. Onésime Reclus, extraits de *Sites et Monuments*, publication du Touring-Club de France ;

2° *Bizerte*, par M. René Pinon, extrait de la *Revue des Deux Mondes* ;

3° *Archéologie, la Tessère de Bizerte*, extraits d'une communication faite par M. Héron de Villefosse à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres ; et la *Patère de Bizerte*, de M. Gauckler, extraits de *Monuments et Mémoires*, publiés par l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres ;

4° *Le Port de Bizerte et l'Arsenal de Sidi-Abdallah*, par le Lieutenant-Colonel Espitallier, extrait du journal *le Génie Civil* ;

5° *Bizerte et les minerais de l'Ouenza*, par X..., extrait de la *Revue de Géographie*.

Dans l'aperçu géographique des *Sites et Monuments*, publication du Touring-Club de France, M. Reclus donne une description lumineuse de cette partie de nos possessions du Nord de l'Afrique, la Tunisie, et plus particulièrement de Bizerte.

« Cette ville, née dans le passé ténébreux, se réveille d'une apathie » plusieurs fois millénaire ; petit port de pêcheurs, de caboteurs sur » frêles balancelles, la voici qui devient grand port de guerre, ouvrant » et fermant le vantail de la Méditerranée, et grande citadelle chargée » de la défense, et à toutes fins, du salut de l'Afrique française ».

La *Revue des Deux Mondes*, du 1er septembre 1902, a publié un article très important de M. René Pinon, intitulé : *Bizerte*, que nous trouvons ici reproduit en son entier. Écrit d'une plume élégante et d'un style des plus corrects, il conduit le lecteur à suivre avec intérêt l'histoire de Bizerte, depuis l'époque carthaginoise jusqu'à nos jours.

« Par sa situation, dit M. René Pinon, Bizerte est destinée à être à la » fois le grand port militaire de la Méditerranée française, le Toulon de » l'Algérie-Tunisie et une citadelle de « la plus grande France ». Elle sym-

» bolise le double caractère de nos possessions de l'Afrique du Nord ; » elles ont leur individualité propre, elles sont l'Algérie et la Tunisie, » mais elles sont aussi, et avant tout, des parties de « l'Empire français » ; » elles ont leur rôle et leur place dans le plan général de notre politique, » elles contribuent pour leur part à la grandeur présente de la mère » patrie et elles travaillent à lui préparer un avenir de puissance, de » prospérité et de gloire ».

Le chapitre qui a trait aux découvertes archéologiques mises à jour par les travaux donne la description de la Patère de Bizerte, magnifique plat d'argent incrusté d'or, pesant encore, malgré les mutilations qu'il a subies, près de 9 *kg* ; ce plat appartient à l'époque hellénique, et il a 0,92 *m* de longueur et 0,65 *m* de largeur ; il est déposé au Musée du Bardo, à Tunis, où il fait l'admiration des touristes.

M. le Lieutenant-Colonel Espitallier, dans une série d'articles publiés par *le Génie Civil*, a donné la description technique des travaux du port de Bizerte et de l'arsenal de Sidi-Abdallah ; c'est une bonne pensée que de les avoir réunis et joints au volume *Le Nouveau Port de Bizerte,* dont ils forment le complément, et qu'on lira avec le plus vif intérêt. Ne pouvant ici en donner un extrait même succinct, nous nous accorderons avec M. le Lieutenant-Colonel Espitallier pour dire : « De quelque côté qu'on » envisage la création d'un grand port à Bizerte, au point de vue poli- » tique ou économique, sous son aspect militaire ou commercial, il est » impossible de ne pas reconnaître que cette création constitue une » œuvre grandiose dont la nature, certes, a fait les premiers frais, mais » où la science et l'habileté de nos Ingénieurs se sont montrées, une » fois de plus, à la hauteur de la vieille réputation ».

La dernière partie de l'ouvrage, est un extrait de la *Revue de Géographie* intituté *Bizerte et les minerais de l'Ouenza*, grosse question à l'ordre du jour, qui se résume en la nécessité de donner à Bizerte un fret de sortie, que Bône et Bizerte se disputent, par l'exportation de ces minerais. L'auteur conclut ainsi :

« Si ces minerais arrivent à Bizerte, c'est notre base maritime afri- » caine dotée d'un hinterland, c'est la défense de l'Afrique du Nord » grandement facilitée par la création d'une ligne ferrée doublant la » mauvaise ligne de Duvivier à Ghardimaou, c'est le ravitaillement de » nos escadres en charbon et en projectiles largement assuré. Si ces » minerais vont à Bône, c'est l'immolation de tous ces grands intérêts ».

Tables de balancement des escaliers à quartier tournant, par H. Vannetzel, architecte (1).

L'étude du balancement des marches d'escalier a toujours été très délicate, et de la réussite de son tracé dépend celle de la courbe plus ou moins élégante du limon. Dans beaucoup d'édifices, l'escalier joue, au point de vue décoratif, un rôle prépondérant, et la moindre erreur dans

(1) Un volume in-8° oblong, 160 × 235, de 70 p. avec 384 tableaux. — Paris, 1902. — Veuve Ch. Dunod. — Prix : cartonné, 25 francs.

l'épure des marches peut amener des effets extrêmement fâcheux dans l'aspect d'ensemble.

Jusqu'à présent, cette étude ne repose sur aucune donnée absolument scientifique. C'est par tâtonnements que l'on procède, et l'expérience tient plus de place, dans les recherches, que le calcul.

M. Vannetzel a essayé, avec beaucoup d'ingéniosité, de remédier à ce défaut dans l'ouvrage qu'il présente au public.

Son but est d'obtenir, d'une façon mathématique, le balancement qui convient à chaque cas particulier.

A-t-il entièrement réussi ? Malgré tout l'intérêt que présente sa tentative, je suis forcé de dire que je ne le crois pas.

Pour supprimer tout tâtonnement, il faudrait que chaque problème comportât une solution bien nette. Or, dans les exemples qu'il donne pour se servir des tableaux, on peut choisir, parmi une centaine, dix ou douze de ces tableaux qui tous, selon lui, donnent un balancement satisfaisant.

D'abord la recherche ne serait pas toujours facile et ensuite, pour quelle solution opter en dernier ressort ? L'auteur ne se prononce pas.

Aussi je crois que l'ouvrage de M. Vannetzel n'est que le premier essai d'une théorie originale et très ingénieuse, mais qui aura besoin d'être simplifiée pour être rendu véritablement pratique.

Georges Courtois.

Traité théorique et pratique des appareils de levage et de manutention, par M. E. Pacoret (1).

Cet ouvrage est divisé en deux parties d'importance à peu près égale, et à la vérité, la seconde seule traite réellement du sujet indiqué par le titre. Dans la première, l'auteur fait une étude complète des éléments et organes des machines à laquelle il ajoute quelques notions sur les moteurs électriques et la résistance des matériaux.

La seconde partie, au contraire, étudie, en onze chapitres, les appareils de levage en commençant par les plus élémentaires : palans, crics, vérins, cabestans, etc. Un chapitre est consacré aux treuils, un autre aux ponts roulants avec développements spéciaux et exemples intéressants concernant les ponts électriques ; un troisième est consacré aux ascenseurs et monte-charges hydrauliques qui ont pris un développement si important dans le bâtiment moderne. Les ascenseurs électriques et les monte-charges autres qu'hydrauliques font l'objet du chapitre suivant ; puis viennent, dans un nouveau chapitre, les grues à bras et à vapeur, tandis que les grues hydrauliques, électriques et à pétrole font également l'objet d'un chapitre spécial.

Un chapitre entier est consacré aux cages d'extraction de mines, et le dernier traite de tous les engins de manutention, comme les porteurs aériens par câbles, les transporteurs divers, les déchargeurs, drops, convoyeurs qui ont pris une si grande importance en Amérique, les élévateurs et les dragueuses.

(1) In-8, 225 × 145 VII -543 p. avec 300 fig. Paris, J. Loubat et Cie. Prix broché 16 f.

Enfin, une fort intéressante annexe étudie les moteurs animés et se termine par une innovation des plus précieuses, que nous voudrions voir imiter dans nombre d'ouvrages de ce genre: l'exposé des prix de la plupart de ces engins. De toutes les questions qui sont posées à celui qui a une étude à faire dans une direction quelconque, celle des prix d'acquisition et du devis final, présente une importance capitale, et n'est ni assez souvent ni assez complètement traitée. L'auteur n'est pas tombé dans ce travers et nous l'en félicitons; de même qu'il mérite d'être loué pour la conscience générale qu'il a apportée à condenser, dans un nombre aussi restreint de pages, toute une encyclopédie très pratique et très résumée des appareils de levage et de manutention.

Auguste Moreau.

IIe SECTION

Expériences sur le travail des machines-outils pour les métaux, par C. Codron, (I. 1), Ingénieur, Professeur du cours des Arts mécaniques à l'Institut industriel du Nord, Lauréat de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale. Premier fascicule : *Meulage, Tranchage, Cisaillage, Poinçonnage* (1).

Tout en poursuivant ses recherches, M. C. Codron a pensé qu'il pouvait être très utile d'en faire paraître, dès maintenant, une première partie pour le public, pour ceux qui enseignent ces arts des plus importants entre tous à notre époque.

Nous devons remercier M. C. Codron de cette bonne pensée, car cet ouvrage nous paraît destiné à rendre les plus grands services aux Ingénieurs, aux Professeurs, aux Constructeurs, à tous ceux enfin qui comprennent la nécessité de posséder des bases certaines sur l'énergie dépensée par l'outil en travail et par les organes de la machine.

Après examen au plus près des phénomènes du travail, l'auteur établit les formules d'équilibre des éléments qui entrent en jeu, il signale les résultats des nombreux essais qui lui ont permis de déduire les valeurs des coefficients principaux qui affectent les formules de l'énergie dépensée.

Il s'est particulièrement attaché à faire ressortir les applications qui mettent à contribution l'énergie électrique.

Plusieurs essais ont porté sur le meulage des divers métaux : fonte, fer, acier recuit, acier trempé.

Le meulage, le tranchage, le cisaillage, le poinçonnage y sont étudiés avec le plus grand soin, et ont fait l'objet de nombreux essais.

La grande valeur et la haute portée de cette étude justifient le Prix décerné à l'auteur par la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale.

P. Bodin.

(1) In-4° de 267 p., avec 585 fig. Vve Ch. Dunod, éditeur, quai des Grands-Augustins, Paris (VIe). — Prix : 12,50 *f.*

IIIe SECTION

L'aluminium. — Ses propriétés. — Ses applications (1), par P. Moissonnier.

L'aluminium, à ses débuts, il y a une génération à peine, avait d'abord créé un véritable enthousiasme; ce métal brillant et surtout d'une légèreté incomparable paraissait appelé à un avenir industriel important. Malheureusement, les imperfections de la fabrication, pendant un certain nombre d'années, ont privé l'aluminium de ses principales qualités, et lui ont donné une assez mauvaise réputation. Il est assez difficile de faire revenir le public sur une fâcheuse impression, si peu fondée soit-elle, et s'est la tâche que s'est imposée l'auteur, et dans laquelle il nous semble avoir pleinement réussi.

M. Moissonnier connait à fond cette question. Non seulement il s'est livré à de nombreuses expériences sur ce métal intéressant, mais encore il a été secrétaire d'une Commission spécialement nommée par le ministre de la Guerre pour étudier la question. Nul choix ne pouvait être mieux justifié puisque cette Commission avait été nommée à la suite d'un rapport sur l'utilisation de l'aluminium dans l'armée fait par M. Moissonnier lui-même. C'est le résultat de ses études dans ce sens dont il nous fait part dans son livre.

Dans un historique très complet, l'auteur nous expose la découverte de l'aluminium, d'abord en grains, curiosité de laboratoire; puis les procédés successifs qui, peu à peu, se perfectionnent, et qui arrivent de nos jours à un résultat de production industrielle et de pureté remarquable. Malheureusement, bien que le prix du métal industriel soit arrivé à un taux assez minime, on fait toujours payer au public les objets ouvrés comme du temps où il était cher.

L'auteur passe ensuite aux minerais d'aluminium, et nous fait remarquer que la France est des mieux situées à cet égard, comme abondance de minerais et comme force motrice naturelle pour les exploiter électriquement.

Il passe ensuite à la description des procédés industriels, chimiques et électrolytiques, puis à la purification du métal, et décrit les différents modes de soudure, qui ont surmonté cette difficulté toute spéciale.

Une partie chimique donne les diverses méthodes d'analyse de l'aluminium et de ses alliages, et ces derniers, ainsi que le métal industriel, sont envisagés au point de vue de leurs propriétés, et des modifications qu'y apporte la trempe.

Dans cette partie sont exposés les résultats de nombreuses expériences sur l'aluminium considéré au point de vue de l'utilisation pour les vases destinés à contenir ou à cuire les aliments; ces résultats sont certainement du plus haut intérêt pour l'armée.

Enfin les applications du métal et de ses alliages, y compris la ques-

(1) In-8°, 250 × 165 de xx-220 p. avec 21 fig. et un titre tiré sur aluminium. Paris, Gauthier-Villars, 1903, Prix : broché, 7 fr. 50.

tion si intéressante de l'aluminothermie, sont exposées avec les détails les plus intéressants.

L'une d'elles est mise en pratique dans le livre même, dont la première page est imprimée sur une feuille d'aluminium.

A. de Gennes.

La Métallurgie, par M. Le Verrier, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, Ingénieur en chef des Mines. — Un volume de la « Bibliothèque des Sciences et de l'Industrie ». — Édité par la Société française d'Éditions d'art. — Paris (1).

En dehors d'ouvrages importants et appréciés des spécialistes, M. Le Verrier a publié, il y a neuf ans, un petit livre intitulé « La Métallurgie en France ». Ayant un sujet plus vaste — ainsi que l'indique son titre même, « La Métallurgie » — le volume qui a été édité dans la « Bibliotèque des Sciences et de l'Industrie », est aussi une œuvre de vulgarisation. Cependant, il faut noter qu'on y trouve sur les installations métallurgiques faites dans notre pays, au cours de ces dernières années, pour les métaux autres que le fer, des renseignements peu connus en général, si ce n'est par les Ingénieurs ayant pu se livrer eux-même à des enquêtes assez laborieuses.

L'ouvrage est divisé en trois parties. La première contient l'exposé des procédés industriels — si variés déjà et pourtant si insuffisants vis-à-vis des minerais complexes — que la voie sèche, la voie humide, l'électrothermie et l'électrolyse fournissent aujourd'hui pour l'extraction et l'affinage des métaux. La seconde partie est consacrée à la sidérurgie : fabrication de la fonte, du fer et de l'acier, travail et emploi de ces produits. Enfin, la troisième partie présente une vue d'ensemble sur l'état de l'industrie métallurgique dans différents pays.

Ce livre rencontrera le même succès que les autres volumes de la « Bibliothèque des Sciences et de l'Industrie » auprès de tous ceux qui veulent se tenir au courant des progrès faits dans les diverses branches de l'activité humaine, au point de vue technique.

P. Jannettaz.

Le gisement de minerai de fer oolithique de la Lorraine (2), par M. F. Villain, Ingénieur au Corps des Mines.

Cet ouvrage est une remarquable monographie des gisements de fer liasiques de la Lorraine et du Luxembourg. Son auteur, M. F. Villain, y a appliqué plusieurs années d'observations personnelles et il a utilisé en outre celles encore plus nombreuses de ses prédécesseurs de l'Administration des Mines, notamment de M. Cousin, celles des maîtres de

(1) In-8°, 225×160, de 277 p. avec 97 fig. — Paris, Société française d'Éditions d'art. — Prix, broché : 5 francs.

(2) In-8°, 255 × 165 de 212 pages. Paris, Vve Ch. Dunod, 1902. Prix : broché, 15 f.

forges de la région et des géologues. Aussi semble-t-il avoir actuellement épuisé le sujet, très vaste pourtant.

L'auteur nous présente une région minérale qui n'embrasse pas moins de 100 *ha* de gisements, se développant tant en Meurthe-et-Moselle qu'en Allemagne, au Luxembourg et touchant même à la Belgique. La production totale annuelle *est de 18 millions de tonnes*, dont le quart seulement est française, alors que M. Villain estime la capacité exploitable de cette immense formation à *cinq milliards de tonnes*, dont la moitié est dans le territoire français, principalement dans le bassin de Briey, le bassin de Nancy ne figurant que pour 300 millions dans ce chiffre.

Cette formation, qui se rapporte à la période finale de l'étage Toarcien, et qui est l'extension septentrionale de celle de la Franche-Comté et de Nancy, dont l'auteur ne s'occupe pas, a en Lorraine une puissance variant de 10 à 50 *m*; de nombreuses coupes en sont données, montrant les différentes couches exploitables, rouge, jaune, grise, noire, verte, contenant des minerais d'une richesse de 30 à 40 0/0 de fer, séparées par d'autres couches plus pauvres ou stériles.

Exploité d'abord à ciel ouvert et à flanc de coteau, ce gisement, reconnu par de nombreux sondages à des profondeurs voisines de 250 *m* (dont les résultats très détaillés sont donnés en annexes de l'ouvrage), est entré dans la période des exploitations par puits, qui ne permettent d'utiliser qu'un nombre de couches moindre.

M. Villain explique le mode de répartition des minerais et la recherche des parties exploitables par une théorie éruptive, basée sur la considération de certaines failles nourricières, et surtout sur celle du relief du mur des dépôts, ce qui n'avait pas encore été envisagé utilement jusqu'ici. Il arrive ainsi à formuler cette loi génésique que les régions riches se trouvent dans les synclinaux et que tous les anticlinaux au contraire sont dans des régions pauvres.

Comme il y a quatre anticlinaux, ceux-ci délimitent cinq parties, ou bassins séparés, du gisement, que l'auteur décrit successivement d'une façon détaillée, scientifique et rationnelle, en leur appliquant son système, et qui sont :

1° *Longwy-Differdange*, avec les couches rouge et grise, plus siliceuses que calcareuses;

2° *Ottange-Tucquegnieux*,
3° *Landres*,
4° *L'Orne*,
} qui présentent les meilleurs minerais de la couche grise, riche et calcareuse, recherchés pour la fonte Thomas;

5° *Saint-Privat-Novéant*, avec la couche noire siliceuse.

L'ouvrage se termine par l'exposé sommaire des diverses autres théories émises sur la com position génésique de ces gites, et notamment de celles de MM. Bleicher, Stanislas Meunier et Blum, relatives respectivement à la silice, l'alumine et l'acide carbonique. Il signale enfin les études qui resteraient à faire dans cet ordre d'idées, et fournit l'esquisse de celle relative au phosphore.

M. Villain conclut son très important travail en résumant les motifs qui lui ont fait adopter, pour la généralité des faits, sa théorie érup-

tive, de préférence aux autres systèmes tels que la décalcification, la métasomatose, le transport, l'érosion, etc., dont il reconnaît la légitime réalité d'ailleurs dans de nombreux cas.

Ce livre présente finalement, aux annexes, la nomenclature des concessions de mines de fer données en Meurthe-et-Moselle sur cette formation ferrifère.

J.-M. Bel.

Les alliages métalliques, par L. Gages, chef d'escadron d'artillerie (1).

Un Traité des alliages métalliques avait été publié, en 1894, par le professeur Ledebur, de Freyberg. En France, M. le commandant Gages, déjà l'auteur d'autres aide-mémoire sidérurgiques, vient de nous en donner un nouveau qui constitue, en abrégé, mais plus à jour, l'essai d'un travail d'ensemble sur une matière disséminée dans les divers Bulletins techniques, et dont la spécialisation doctrinale avait pu faire récemment l'objet de mémoires extrêmement importants dus, notamment, à la Commission des Alliages et en particulier à MM. Osmond, Roberts-Austen, H. Lechatelier, Charpy, A. Carnot, etc.

Dans ce manuel, M. Gages indique d'abord les principes métallurgiques essentiels et les propriétés principales des alliages. Il étudie sommairement leurs diverses catégories : alliages ferro-métalliques, bronzes et laitons, alliages blancs dits antifriction, ceux des métaux précieux ou rares et les amalgames.

M. Gages passe ensuite à la théorie, et fait un exposé simple de la doctrine générale des alliages, comprenant aussi les fontes et les aciers.

Après avoir rappelé les lois des dissolutions salines et celles de leur congélation, il montre comment les remarquables études de Guthrie sur les cryohydrates, cryosels ou hydrates de congélation, et les corps eutectiques, suivies des observations micrographiques de Pousot, ont permis de considérer : les alliages en fusion comme correspondant aux dissolutions salines, — les alliages cristallins, qui sont des combinaisons chimiques, comme analogues aux hydrates alcalins, — et les alliages eutectiques, qui ne sont que des mélanges, comme comparables aux cryosels.

Puis il indique la manière d'étudier la constitution des alliages binaires ou ternaires, respectivement d'après leurs courbes ou surfaces de fusibilité, et il explique le phénomène de la liquation.

Ainsi, les alliages métalliques, qui n'étaient auparavant que le résultat de l'empirisme ou de l'art du fondeur, relèvent désormais de la méthode scientifique, et forment, en métallurgie, une branche qui devient l'application des principes généraux et rationnels de la physique et de la chimie.

Ce petit livre fournit aussi l'indication des méthodes qui résultent de ces notions récemment acquises, notamment des procédés de la mé-

(1) In-8°, 190 × 130 de 164 p. — Paris, Gauthier-Villars ; Masson et Cie, 1902. — Prix : broché, 2 fr. 50.

tallographie micrographique, pour l'étude des propriétés des alliages, et même, jusqu'à un certain point, de l'analyse de leurs constituants.

Il se termine par un aperçu de l'application aux alliages de la loi des phases de W. Giffs, d'après M. H. Lechatelier, loi qui vise à la fois l'ensemble même des mélanges solides, sels fondus, alliages, roches, etc., venant jeter ainsi sur leur étude l'éclat d'une synthèse encore plus générale.

J.-M. Bel.

Les eaux souterraines. Eaux potables ; eaux thermo-minérales ; recherche ; captage (1), par M. Miron.

Ce manuel est relatif à un sujet qui, depuis les anciens traités de la baguette divinatoire, est devenu une branche de la géologie, et qui a fait notamment de nos jours, l'objet d'un ouvrage considérable de Daubrée, puis d'un autre traité important de M. de Launay, professeur à l'École supérieure des Mines.

M. Miron, en moins de 200 pages, a réuni les éléments les plus simples de l'art des sources, sous une forme permettant au plus grand nombre d'en tirer un parti pratique.

Ce petit livre de géologie économique ou de géotechnie, résume d'abord les principes scientifiques qui règlent la matière, puis il en expose les applications aux eaux utilisables par l'homme.

Il rappelle ainsi leur origine météorique commune, leur arrivée dans le sous-sol par imprégnation, et il explique la notion du niveau hydrostatique, ainsi que l'ascension et l'écoulement des eaux à la surface du sol.

Il donne un tableau des assises géologiques principales, de leurs caractères distinctifs essentiels, notamment de leur flore, et il montre leurs rapports stratigraphiques avec les nappes d'infiltration qu'elles peuvent renfermer.

Le mécanisme des sources apparaît alors comme très facile à saisir ainsi que leur recherche, l'évaluation de leur débit, leur captage, leur canalisation, leur aménagement, les puits artésiens, l'origine de leur minéralisation et de leur thermalité.

L'auteur termine par un petit guide des principales sources et boues thermales françaises, avec leurs caractères et leurs usages principaux.

J.-M. Bel.

Mise en valeur des gîtes minéraux (2), par M. F. Colomer.

Ce petit ouvrage renferme, sous une forme très condensée, des données utiles à ceux qui s'occupent des mines métalliques. Les houillères et leurs travaux en ont été systématiquement écartés. On y trouvera nombre de renseignements sur les recherches de mine, la reconnais-

(1) In-8°, 190 × 120, de 188 p. — Paris, Gauthier-Villars, 1902. — Prix, broché : 2 fr. 50

(2) In-8, 190 × 120 de 184 p. Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie. 1903. Prix broché : 2,50 *f.*

sance, et enfin le développement des travaux. Les outils et la mécanique minière sont passés en revue. Un lexique du mineur termine l'ouvrage, et donne l'explication de tous les termes de métier aux personnes, qui, étrangères à la profession, veulent cependant s'occuper de mines et se tenir au courant de leurs méthodes.

A. DE GENNES.

Traité pratique de l'art de tremper l'acier, le fer, la fonte, le cuivre et le bronze, suivi de nombreux renseignements sur les propriétés des métaux (1), par M. J.-B. ZABÉ, ancien adjoint technique principal de la marine.

C'est là un vade-mecum assez substantiel, à l'usage des maitres et ouvriers de forge. Il est du à un homme de métier, qui a dû pratiquer longuement les recettes et les procédés multiples qu'il décrit, avec tous les détails particuliers qu'ont dû lui inspirer l'exercice journalier de sa profession et les expériences diverses auxquelles il a pu se livrer au cours de celle-ci. En ce sens, c'est donc bien un livre vécu de technologie pure.

M. Zabé commence par donner des définitions pratiques des aciers naturels, de cémentation, fondus au creuset, spéciaux, des aciers Bessemer et Martin-Siemens; il dit les qualités qu'ils doivent posséder en vue de la fabrication de tels ou tels outils, et il explique le travail du récrouit.

L'auteur décrit ensuite la trempe de l'acier, les liquides employés; il insiste surtout sur l'habileté que doit avoir le trempeur, la qualité de l'acier et le bon travail du forgeron, conditions auxquelles les bains de trempe ne sauraient suppléer. Il donne avec détail les différents procédés de trempe et ceux de recuit pour le redressage des instruments voilés ou courbés à la trempe; il examine l'influence des degrés de température sous la trempe, la trempe de l'acier dans l'eau pure à différents degrés de température, sans recuit, puis la trempe de l'acier à la volée, suivie de recuit.

Il fournit ensuite la composition des eaux, bains et pâtes diverses, usités pour la trempe d'instruments devant avoir une grande dureté, et notamment des eaux gommées, dont le degré de gommage peut permettre d'éviter le recuit, sauf pour les aciers extra-durs.

M. Zabé explique aussi les procédés de trempe du fer à la volée ou en paquet.

Il présente, en outre, la nomenclature des couleurs de recuit qu'il convient de donner après la trempe, et il explique les divers procédés de recuit.

Il dit quelques mots de la trempe de la fonte qui est d'usage rare, de celle du bronze qui a pour objet non pas de le durcir, mais de le ramollir, de celle du cuivre au cas où il doit être martelé, et enfin de celle du laiton qui s'assouplit par le recuit.

(1) In-8°, 240 × 150 de VI-104 p., avec 43 fig. Paris, E. Bernard et Cie 1903. Prix broché : 3 *f*.

La deuxième moitié de cet ouvrage est consacrée à des procédés technologiques divers :

1° Soudage de l'acier et notamment le procédé par amorces à chaude portée;

2° Protection du fer, de l'acier et de la fonte contre la rouille, avec des recettes multiples et notamment celle du zincage;

3° Bronzage du fer et de l'acier;

4° Brasure, pour le cas où le martelage n'est pas possible;

5° Mastics, joints, cuirs emboutis et scellements;

6° Gravure à l'eau-forte sur fer, acier et cuivre.

Ce livre présente, en outre, des tableaux relatifs aux densités des principales substances usuelles, au poids du mètre courant pour différents calibres des tuyaux de fonte et de plomb, des fers plats, carrés et ronds, et des tôles de divers métaux.

Enfin, il se termine par la description intéressante du travail à chaud, des phases et variantes par lesquelles on peut forger une pièce donnée, par exemple de la confection ou du forgeage d'une chape, et il donne finalement la description d'un atelier de forge à marteau-pilon.

J.-M. Bel.

Traité de technologie mécanique métallurgique (1), par M. A. Ledebur. Traduit sur la deuxième édition allemande, par M. G. Humbert, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cet ouvrage a été profondement remanié depuis la première édition, et une grande partie des descriptions de machines ainsi que des figures ont été mises au courant des progrès réalisés depuis.

L'auteur s'est proposé l'étude de la transformation des métaux bruts en objets usuels par des *moyens mécaniques*, qu'il appelle la *Technologie mécanique et métallurgique*. Celle-ci commence où la métallurgie finit : cette séparation n'est pas toujours nettement marquée ; aussi a-t-on été obligé de rentrer quelquefois dans le domaine de cette dernière.

Dans cet ouvrage, on pouvait opérer de deux manières; soit en étudiant séparément la fabrication des objets usuels dans chaque métier séparé; soit en étudiant les lois naturelles et en décrivant d'une façon générale les mécanismes et procédés employés (par exemple les objets en métal fondu, quel que soit l'objet et quel que soit le métal).

C'est cette dernière méthode, celle de la technologie générale, qui a été suivie d'abord, puis quelques exemples d'application de celle-ci ont été donnés comme technologie spéciale.

L'ouvrage débute par un examen détaillé des métaux et des alliages employés pour la fabrication des objets usuels. Il examine ensuite les instruments simples nécessaires au travail des métaux.

Dans un autre chapitre, on entre dans le corps même du programme de l'auteur, en étudiant le travail par la fusion. On décrit les différents moulages, les fours de fusion et enfin la coulée.

(1) In-8, 250 × 165 de VI-740 p., avec 729 fig. Paris, Gauthier-Villars, 1903. Prix broché : 25 *f.*

Le chapitre suivant expose le travail basé sur la malléabilité, les fours spéciaux, les marteaux-pilons, les presses et laminoirs, et l'étirage.

Puis viennent les travaux dits de séparation, les machines-outils de tous genres, qui enlèvent ce que les opérations précédentes ont laissé de métal en trop, tours, raboteuses, fraises, perceuses, etc.

Enfin les travaux d'assemblage et d'embellissement.

Dans la seconde partie sont donnés des exemples de technologie spéciale : la fabrication des tôles, des fils, la fonte des grains de plomb, des caractères d'imprimerie, la fabrication des tuyaux, des vis et écrous, des objets tranchants, des clous, des monnaies, des plumes d'acier, épingles, aiguilles, et enfin des serrures.

Une bibliographie particulière termine chaque chapitre.

Enfin le traducteur a eu la bonne idée d'ajouter un appendice qui reproduit des prescriptions très utiles pour assurer la sécurité des ouvriers dans le travail.

On voit donc que cet ouvrage, très complet, donnera de nombreuses et utiles indications à tous ceux qui ont à s'occuper de fabrications où le métal joue un rôle.

A. de Gennes.

IVe SECTION

Cartels et Trusts (1) par Ét. Martin Saint-Léon, Bibliothèque d'Économie Sociale.

La bibliothèque d'Économie Sociale vient de s'enrichir d'un ouvrage de haut intérêt : *Cartells et Trusts*, par M. Ét. Martin Saint-Léon.

Les trusts, cartels et syndicats caractérisent l'évolution industrielle de ces dernières années. C'est le début d'une ère nouvelle, c'est la fin de l'ère économique moderne, laquelle reposait sur le double principe de la liberté absolue des industries et du commerce, et la concurrence sans contrôle des producteurs et des vendeurs.

Comment apprécier ces transformations, quelle idée doit-on s'en faire et, en fin de compte, quelle sera leur influence sur nos marchés et nos habitudes françaises ?

Jusqu'à ce jour la grande majorité du public français a été fort mal renseigné à leur égard ; il ne les a connues que par quelques articles de journaux financiers et économistes, articles toujours insuffisants, quelquefois légers, souvent même ignorants. Il importait donc de condenser les données, les enquêtes, les faits, de présenter, en un mot, la question d'une façon précise et scientifique, avec toutes ses évolutions depuis son origine.

C'est la tâche que s'est imposée M. Martin Saint-Léon ; nous nous rendons compte, grâce à ses laborieuses et consciencieuses études, de la véritable nature des cartels et des trusts, des raisons de leur existence, de leur organisation, et enfin des avantages et des dangers qu'ils peuvent présenter dans leur pays d'origine et chez nous même.

(1) In-18, 185 × 120 de VIII-248 p., Paris, Victor Lecoffre, 1903. Prix, br. 2 *f.*

C'est surtout le cartel allemand et le trust américain qui ont fait l'objet des recherches de l'auteur. La différence entre ces deux types d'organisation industrielle est profonde; le cartel, en effet, est une entente entre producteurs d'une même marchandise, dans le but d'éteindre la concurrence, de régulariser la production et fixer les prix de vente des matières fabriquées et les prix d'achat des matières premières. Le trust, tout au contraire, est la fusion en une Société unique de Sociétés ou firmes exerçant la même industrie ou des industries connexes.

Le trust a un but qu'on ne cherche pas à déguiser, c'est le monopole industriel. Le cartel est moins absolu, il se contente d'établir un trait d'union entre les intérêts de gens toujours disposés à se nuire mutuellement.

Pour bien apprécier la valeur respective de ces deux organisations si dissemblables, il faut lire les enquêtes faites à ce sujet en Allemagne et aux États-Unis, enquêtes souvent contradictoires mais dont la lecture d'ensemble permet cependant de comprendre la caractéristique générale de la révolution industrielle du jour.

L'auteur de *Cartells et Trusts* est sévère pour le trust qui tend, en effet, à créer un régime de tyrannie industrielle susceptible peut-être d'enrichir quelques personnalités au delà de toute limite, mais, à coup sûr, préjudiciable à l'intérêt général.

Le cartel, en soi, est une organisation utile et bienfaisante; mais il semble bien qu'il ait dévié de son programme primitif. Il est trop souvent dominé par un autoritarisme excessif et ses effets ne sont pas toujours heureux.

Comme conclusion, M. Martin Saint-Léon déclare, avec un grand bon sens, qu'il n'existe pas de formule unique capable de concilier les intérêts des producteurs, travailleurs et consommateurs; la solution du problème est essentiellement contingente et doit être aussi variable que le sont elles-mêmes les conditions spéciales de chaque pays.

Tous ceux qu'intéresse l'avenir commercial et industriel de la France liront avec un grand intérêt *Cartells et Trusts*. Ils y trouveront les monographies, abrégées mais exactes, des nouvelles combinaisons allemandes et américaines et ils apprécieront à leur juste valeur les laborieux efforts qu'a dû faire l'auteur pour arriver à présenter au public, sous toutes ses faces, une question aussi complexe et d'un si puissant intérêt général.

P.-F. Chalon.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 11102-5-03. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUIN 1903

N° 6

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de juin 1903, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Arts militaires.

Tables analytiques et alphabétiques des matières contenues dans la Revue d'Artillerie. 2^me^ volume. Tomes 47 à 60 (octobre 1895-septembre 1902) (in-8°, 220 × 140 de 124 p.). Paris, Berger-Levrault et C^ie^, 1903. 42708

Chemins de fer et Tramways.

BARBEY (C.). — *Note sur la locomotive compound à 4 cylindres (Série A 3/5 T) de la Compagnie des Chemins de fer du Jura-Simplon*, par M. Camille Barbey (Extrait de la Revue générale des Chemins de fer et des tramways. Numéro d'avril 1903) (in-4°, 320 × 225 de 10 p. avec 2 pl.). Paris, V^ve^ Ch. Dunod, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42720

Frein électro-magnétique Westinghouse et chauffage électrique des tramways. Société anonyme Westinghouse (album 155 × 230 de 24 p. avec 8 fig.). Le Havre, juin 1902. 42748

From Steelton to Mandalay. A short description and pictorial history of the construction of the Gokteik Viaduct, built by the Pennsylvania Steel Company in their Bridge Works at Steelton, Pennsylvania, U. S. A. (album 170 × 225 de 78 p. avec nombreuses photo. gr.). Steelton, The Pennsylvania Steel Company, 1903. 42752

HERDNER (A.). — *Les locomotives compound et leur développement en France.* par M. A. Herdner (Extrait du Bulletin de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer, mai 1903) (in-8°. 245 × 180 de 25 p. avec 10 fig.). Bruxelles, P. Weissenbruch. 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42723

Chimie.

ELBS (Dr Karl) ET LERICHE (E.). — *Préparation des produits chimiques par l'électrolyse*, par le Dr Karl Elbs. Traduit de l'allemand, par E. Leriche (in-8°, 225 × 145 de VIII-108 p. avec 8 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903 (Don de l'éditeur). 42725

HALLER (A.). — *Les industries chimiques et pharmaceutiques*, par Albin Haller. *Tomes I et II* (2 vol. in-8°, 295 × 195 de LXXXIX-405 p. et de 445 p. avec 108 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1903 (Don de l'Éditeur). 42743 et 42744

WAGNER (R.) FISCHER (F.) ET GAUTIER (L.). — *Traité de chimie industrielle. Tome second. Verre. Poteries. Mortiers et ciments. Produits organiques. Matières colorantes. Textiles. Teinture et impression des tissus. Papier. Amidons et Sucres. Vin. Bière. Alcool. Tannage des peaux. Acide stéarique. Glycérine. Savons. Industries diverses.* Quatrième édition française entièrement refondue, publiée d'après la quinzième édition allemande, par R. Wagner, F. Fischer et L. Gautier (in-8°, 255 × 165 de 884 p. avec 429 fig.). Paris, Masson et Cie, 1903 (Don de l'éditeur). 42735

Construction des Machines.

Association Alsacienne des Propriétaires d'appareils à vapeur. Section Française. Exercice 1902. Trente-cinquième année (in-8°, 280 × 190 de 62 p. avec 4 pl., 3 diagr. et 4 tabl.). Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1903. 42715

MAMY (H.). — *Rapport sur le concours de monte-courroies fixes*, présenté au Conseil de Direction au nom du Comité exécutif, par M. H. Mamy (Association des Industriels de France contre les accidents du travail) (in-8°, 240 × 155 de 48 p.). Paris, Siège de l'Association, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42691

Éclairage.

SARTIAUX (E.). — *Les lampes électriques à incandescence et leur appareillage*, par M. E. Sartiaux. Conférence faite au Conservatoire national des Arts et Métiers le 22 mars 1903 (in-8°, 240 × 160 de 59 p. avec 63 fig.). Paris, F. Béranger, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42753

Économie politique et sociale.

BLONDEL (G.). — *Fédération des industriels et des commerçants français. Réunion préparatoire du 24 mars 1903.* Conférence de M. Georges Blondel (in-8°, 240 × 160 de 77 p.). Paris, 1903 42697

CACHEUX (E.). — *L'Économiste pratique. Construction et organisation des crèches, salles d'asile, écoles, etc., etc. Mécanisme. Statuts. Règlements des Institutions de prévoyance et de bienfaisance*, par Émile Cacheux (in-8°, 250 × 165 de VIII-814 p. avec atlas 390 × 290 de 71 pl.). Paris, Baudry et C^ie^, 1885 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42712 et 42713

CARNEGIE (A.). — *Le triomphe de la démocratie ou l'Amérique depuis cinquante ans*, par Andrew Carnegie. Traduit de l'anglais, par J. Combe (in-18, 185 × 120 de VI-431 p.). Paris, E. Dentu, 1886 (Don de M. J. Combe, M. de la S.). 42698

Les Associations professionnelles ouvrières. Tome III. Métaux. Céramique et Verrerie (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Office du Travail) (in-8°, 235 × 155 de 679 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903. 42721

Électricité.

HOSPITALIER (E.). — *Formulaire de l'Électricien*, par E. Hospitalier. *Vingtième année 1903* (in-18, 165 × 100 de VIII-496 p.). Paris, Masson et C^ie^, 1903. 42706

Enseignement.

Ecole spéciale d'architecture. Concours de sortie de 1903, 1^re^ Épreuve. Projet. Une maison de rapport. Argument (une feuille 280 × 220). Paris, Imprimerie Delalain, 1903. 42737

GUIARD (E.-L.-A.). — *Cours de dessin géométrique à l'usage des Élèves de l'Enseignement secondaire conforme au programme officiel du 31 mai 1902*, par E.-L.-A. Guiard. 1^er^ Cycle. Division B. Classe de sixième (in-8°, 225 × 160 de 24 p. avec 20 pl.) (Don de l'auteur, M. de la S.). 42757

GUIARD (E.-L.-A.). — *Enseignement technique. Dessin d'ornement à la plume. Choix de modèles*, par E.-L.-A. Guiard (album 230 × 170 de 30 pl.) (Don de l'auteur, M. de la S.). 42756

WADDELL (J.-A.-L.). — *Address by J.-A.-L. Waddell to the graduating class of the RosePolytechnic Institute. June 12, 1902* (in-8°, 235 × 155 de 14 p.). Kansas City, Lechtman Printing C° (Don de l'auteur, M. de la S.). 42739

Géologie et Sciences naturelles diverses.

CASSE (A.). — *Les sables boulants. Méthodes nouvelles de construction dans les terrains aquifères*, par A. Casse (Extrait du 3e fascicule des Annales des travaux publics de Belgique, juin 1903) (in-8°, 235 × 155 de 52 p. avec 5 fig.). Bruxelles, J. Goemaere, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42734

Twenty-Second Annual Report of the United States Geological Survey to the Secretary of the Interior 1900-01. Charles D. Walcott. Director. in fous parts. Part I, II, III and Part IV, — 1901-02 (5 vol. in-8°, 293 × 195). Washington, Government Printing Office, 1901-1902. 42730 à 42734

Législation.

Förteckning ofver Svenska Teknologföreningens Ledamöter. April 1903 (in-8°, 205 × 135 de 72 p.). Stockholm, P. A. Norstedt et Sönner, 1903. 42700

Jurisprudence n° 2. I. Du chef d'entreprise considéré comme assuré. II. Application de la loi du 9 avril 1898 (Association des Industriels de France contre les accidents du travail. Circulaire n° 25, Paris, Avril 1903) (in-8°, 235 × 155 de 16 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1903. 42736

Lista Czlonkow Stowarzyszenia Technikow u Warszawie. Maj 1903 roku (Dodatek do Przegladu Technicznego) (in-8°, 290 × 210 de 47 p.). Warszawa, 1903. 42751

The Canadian Society of Civil Engineers. Charter, By-Laws and List of Members 1903 (in-8°, 230 × 155 de 87 p.). Montreal, Printed by the Society, 1903. 42747

Verein Deutscher Ingenieure. Mitgliederverzeichnis 1903 (in-8°, 185 × 125 de 406 p.). Berlin, Julius Springer. 42737

Métallurgie et Mines.

COLOMER (F.). — *Mise en valeur des gîtes minéraux*, par F. Colomer (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) in-8°, 190 × 120 de 184 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1903 (Don de l'éditeur). 42718

Comité des Forges de France. Annuaire 1903-1904 (in-8°, 200 × 135 de 397 p.). Paris, 32, boulevard Haussmann, 1903. 42716

SCOTT (H.-K.). — *O manganez no Brazil*, por Herbert Kilburn Scott (Reproduzido do Jornal do Commercio) (in-8°, 215 × 140 de 58 p.). Rio de Janeiro, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42728

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

BOUGAULT (P.). — *Les Richesses hydrauliques des Alpes françaises*, par Paul Bougault (in-8°, 230 × 145 de 15 p.). Paris, Nony et Cie, 1903. 42694

BRESSON (H.). — *1°. — État des forces hydrauliques du département de l'Orne; 2°. — Description de quelques installations électriques du même département; 3°. — Une installation électrique particulière en 1900* (un dossier 365 × 450) remis par M. Henri Bresson (Don de l'auteur, M. de la S.). 42695

LÉPINE (Ch.). — *Les installations hydro-électriques de la Société de Fure et Morge. Usine génératrice de Champ, Isère. Transport de force à longue distance par courant alternatif triphasé*, par Ch. Lépine (in-8°, 270 × 185 de 146 p. avec 62 fig. et 7 pl.). Paris, Publications du journal Le Génie Civil, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42758

List of the lighthouses, light-vessels, buoys, and beacons on the coast and rivers of China for 1903. Thirty-first issue (China, Imperial Maritime Customs. III Miscelleanous Series n° 6) (in-4°, 275 × 220 de 55 p. avec 9 pl.). Shanghaï, 1903. 42755

Memoria que manifiesta el estado y progreso de las Obras de mejora de la ria y puerto deBilbao y cuenta de ingresos y gastos durante el año de 1902 (in-4°, 265 × 205 de 87-IX p. avec 3 pl.) (Junta de Obras del Puerto de Bilbao). Bilbao, Ezequiel Rodriguez, 1903. 42701

SOLDANO (F.-A.). — *El dique de San Roque. Consideraciones sobre la verdadera capacidad de su embalse*, por el Ingeniero F.-A. Soldano (Trabajo publicado en la Revista Tecnica, nos 148 y 149) (in-8°, 240 × 160 de 28 p. avec 1 pl.). Buenos-Aires, Imprenta de la Revista Tecnica, 1902 (Don de la Revista Tecnica). 42740

VERNON-HARCOURT (L.-F.). — *Düsseldorf Navigation Congress 1902; and Works visited by the Congress in Germany*, by Leveson Francis Vernon-Harcourt (Excerpt Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CLII. Session 1902-1903. Part II) (in-8°, 215 × 140 de 44 p. avec 2 pl.). London, Published by the Institution, 1903 (Don de l'auteur). 42722

Périodiques divers.

Annuaire de la Librairie française, 1903. Dixième année (in-8°, 220 × 135 de XII-468 p.). Paris, H. Le Soudier, 1903. 42714

Journal officiel de la République Française. Tables alphabétiques et analytiques de 1902 (in-4°, 335 × 245 de 103-14-10-47-18 p.). Paris, Imprimerie des journaux officiels. 42726

Physique.

CLAUDE (G.) ET D'ARSONVAL. — *L'air liquide. Sa production. Ses propriétés. Ses applications*, par Georges Claude. Préface de M. d'Arsonval (in-8°, 255 × 165 de 125 p. avec 48 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903 (Don de l'éditeur). 42724

Sciences mathématiques.

GAGES (L.). — *Essais des métaux. Machines et appareils*, par L. Gages. *Vol. I* (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°. 190 × 120 de 151 p. avec 51 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1903 (Don de l'éditeur). 42717

Sciences Morales. — Divers.

BÉTHOUART (A.) ET DESCHANEL (P.). — *1789-1900. Histoire de Chartres.* par A. Béthouart. Préface, par Paul Deschanel. *Tome I et Tome II* (2 vol. in-8°, 250 × 165 de IV-431 p. et de 362 p.). Chartres, chez l'auteur, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.).

42710 et 42711

Technologie générale.

Atti della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. Anno XXXVI-1902. N° 42 della Série completa degli Atti (in-4°, 355 × 250 de 85 p. avec 5 pl.). Torino, Camilla e Bertolero di N. Bertolero, 1902. 42702

Classification officielle. Deuxième édition (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de Saint-Louis, en 1904. Commissariat général du Gouvernement Français) (in-8°, 265 × 175 de 73 p.). Paris, Imprimerie nationale, Mars 1903. 42703

Einundvierzigstes Bulletin der Gesellschaft ehemaliger Studierender des Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich, juin 1903 (in-8°, 230 × 155 de 8 p.) (Sonder-Abdruk aus der Schweiz. Bauzeitung Bd. XLI Nr 23). 42761

GAUTIER (E.). — *L'Année scientifique et industrielle*, fondée par Louis Figuier. *Quarante-sixième année 1902*, par Émile Gautier (in-8°, 185 × 120 de IV-440 p. avec 64 fig.). Paris, Hachette et Cie, 1903. 42707

MICHEL-LÉVY ET RIVES (G.). — *Congrès des applications de l'alcool dénaturé, 16 au 23 décembre 1902. Rapports et Comptes rendus* publiés sous la direction de M. Michel-Lévy et de M. Gustave Rives (5e Exposition internationale de l'Automobile, du Cycle, des Sports et des applications de l'alcool dénaturé, organisé par l'Automobile-Club de France du 10 au 25 décembre 1902) (in-8°, 275 × 175 de 372 p. avec 118 fig.). Paris, Automobile-Club de France, 1903 (Don de M. G. Rives). 42692

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Subject-Index Vols CIX to CL. Sessions 1894-95, to 1901-1902 (in-8°, 215 × 135 de 140 p.). London, William Clowes and Sons. 42742

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers; with other selected and abstracted Papers Vol. CLI. 1902-1903. Part. I (in-8°, 215 × 135 de VII-544 p. avec 6 pl.). London, Published by the Institution, 1903. 42741

PICARD (A.). — *Rapport général administratif et technique*, par M. Alfred Picard. Tome deuxième (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 (in-8°, 295 × 195 de 375 p. avec nombreuses phot.). Paris, Imprimerie nationale, 1902 (Don de M. A. Picard, M. de la S.). 42746

Rapports du Jury international. Groupe III. Instruments et procédés généraux des lettres, des sciences et des arts. Classes 11 à 18 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 619 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1902. (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42719

Rapport du Jury international. Groupe VI. Génie civil. Moyens de transport. Deuxième partie. Classe 32. Tome I (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 472 p. avec 83 fig. et 2 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42745

Rapports du Jury international. Groupe VII. Agriculture. Classes 35 à 42 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 758 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42749

Rapports du Jury international. Groupe VIII. Horticulture. Classes 43 à 48 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 181 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42699

Rapports du Jury international. Groupe XIII. Fils, Tissus, Vêtements. Deuxième partie. Classes 85 et 86 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 679 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42693

Rapports du Jury international. Groupe XIV. Industrie chimique. Troisième partie. Classes 88 à 91 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 542 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42760

Rapports du Jury international. Groupe XV, Industries diverses. Deuxième partie. Classes 98 à 100 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 361 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42729

Rapports du Jury international. Groupe XVI. Économie sociale. Hygiène. Assistance publique. Quatrième partie. Classe 112 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 746 p. avec 125 fig.). Paris, Imprimerie nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42759

Règlement concernant l'organisation du Jury international et le système d'attribution des récompenses (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de Saint-Louis en 1904. Commissariat général du Gouvernement Français) (in-8°, 265 × 175 de 12 p.). Paris, Imprimerie nationale, Janvier 1903. 42704

Règlement général (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de Saint-Louis en 1904. Commissariat général du Gouvernement Français) (in-8°, 255 × 170 de 15 p.). Paris, Imprimerie nationale, Mars 1903. 42705

Society of Engineers. Transactions for 1902 and General Index 1857 to 1902 (in-8°, 225 × 140 de 348 p.). London, E. and F. N. Spon, 1903. 42750

The John Crerar Library. Eighth Annual Report for the year 1902 (in-8°, 255 × 170 de 46 p.). Chicago, Printed by order of the Board of Directors, 1903. 42738

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées. 1re Partie. Mémoires et documents. 72e année, 8e série, Tome VIII, 1902. 4e trimestre (in-8°, 255 × 165 de 375 p. avec pl. 20 à 29). Paris, E. Bernard et Cie. 4:695

Voies et Moyens de communication et de transport.

Annuaire de l'Administration des Postes et des Télégraphes de France pour 1903. Janvier 1903 (in-8°, 240 × 160 de 366-XVIII p.). Paris, Paul Dupont, 1903. 42709

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois de juin 1903, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

G.-E. Berthod,	présenté par MM.	Commelin, Lacauchie, Viau.
H.-F. Bourdon,	—	Journolleau, de Monicourt, Pittiot.
P.-Ph.-M. Coulomb,	—	Epron, Fourré, Thézard.
P.-Ch. Dumesnil,	—	Buquet, Neveu, Supervielle.
M. Favrel,	—	Bodin, Buquet, Hegelbacher.
T.-A. Greenhill,	—	Bodin, Moreau, Cottancin.
A.-C.-M. Gros,	—	Barbier, Chaudy, Forest.
F.-L. Harlé.	—	Dehenne, Harlé, Seyrig.
H.-F.-A. Harlé,	—	Dehenne, Harlé, Seyrig.
L.-J. Joret,	—	Arquembourg, Bureaux, Grouvelle.
R.-T. Lallemand,	—	Greiner, Trasenster, Kraft de la Saulx.
F.-H.-A. Léo,	—	Dehenne, Harlé, Seyrig.
A. de Silitch,	—	Pastakoff, Piatnitsky, de Roummel.
E. Vicente Gonzalez,		Panoux, Rahola, de Dax.

Comme Membre Associé, M. :

F.-J.-M. Monnier Ducastel, présenté par MM. Ducloux, G. Flament, Gallotti.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1903

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 5 JUIN 1903

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Au sujet du procès-verbal de la dernière séance, M. le Président fait connaître qu'une erreur d'impression s'est glissée dans l'analyse de la lettre de M. D.-A. Casalonga :

A la page 130, 3me paragraphe, 14e et 15me lignes, il faut lire : « Il rappelle aussi que l'hypothèse qu'il a formulée sur la *circulation cyclique de l'éther*, répond bien..... etc. ».

Sous réserve de cette rectification, le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part du décès de :

MM. S. Deniel, Membre de la Société depuis 1852, ancien Directeur de l'Exploitation du Chemin de fer de Montereau, Chevalier de la Légion d'honneur ;

J.-G.-A.-D. Le Bris, ancien élève de l'École Nationale supérieure des Mines, Membre de la Société depuis 1899, Ingénieur de la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest ;

R.-M.-J. Le Garrec, ancien élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers, Membre de la Société depuis 1899, Ingénieur civil ;

M.-H. Paur, ancien élève de l'École Polytechnique fédérale Suisse, ancien élève externe de l'École Nationale des Ponts et Chaussées de France, Membre de la Société depuis 1876, Ingénieur-Conseil, Secrétaire général de l'Association des anciens élèves de l'École Polytechnique de

Zurich, délégué de divers Gouvernements pour la réception de matériel et de machines, Membre correspondant de la Société en Suisse ;

E. Stoeckel, ancien élève de l'École Centrale, Membre de la Société depuis 1896, Entrepreneur de constructions métalliques ;

H.-L. Vuigner, Ingénieur civil des Mines, Membre de la Société depuis 1867, Administrateur de plusieurs Sociétés industrielles ;

L.-P. Landry, ancien élève de l'Ecole des Arts et Métiers d'Angers, Membre de la Société depuis 1874.

M. Landry a été un de nos plus grands entrepreneurs de travaux publics. Pendant une période de plus de quarante années, M. Landry a exécuté, pour les Compagnies de Chemins de fer, de très importants ouvrages : tunnels, viaducs, gares, dont le montant dépasse 80 millions. Il est l'auteur d'un système de plancher en voussoirs creux de ciment, d'un système de revêtement destiné à préserver les poutres des ponts métalliques des actions atmosphériques et des fumées.

M. le Président adresse aux familles de nos regrettés Collègues l'expression des sentiments de condoléance de la Société tout entière.

Par suite d'une erreur d'impression, M. L. Laporte, dont le décès a été annoncé dans la séance du 17 avril, est indiqué comme ancien élève de « l'École des Mines de Liège ». Il faut lire de « l'Ecole d'Ingénieurs de Mons ».

M. le Président est heureux d'annoncer les décorations, nominations et récompenses suivantes obtenues par des Membres de notre Société.

Ont été nommés :

Officiers de la Légion d'honneur : MM. A. Domange, E.-P.-J. Niclausse et A. Darracq ;

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. A.-D. Bloche, M. Desbief, E. Vuillaume, Mortier Saint-Fort, P.-A. Jolibois.

M. Jablin-Gonnet a été nommé délégué du Ministère du Commerce et de l'Industrie au Congrès de Chimie de Berlin.

M. E.-J. Poillon a obtenu une médaille d'or à l'Exposition d'Hanoï.

M. J.-A. Lencauchez a reçu une médaille d'or de la Société technique de l'Industrie du gaz en France.

M. le Président adresse à nos Collègues les sincères félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

M. le Président est heureux d'annoncer que notre Collègue, M. Augustin Normand, qui fut tout récemment l'un des lauréats des Prix Henri Schneider, vient de nous faire don, pour notre fonds de secours, d'une somme de 3000 *f* dont les intérêts serviront à alimenter cette caisse spéciale.

M. le Président est certain d'être l'interprète de la Société tout entière, en adressant à notre Collègue nos vifs remerciements pour le don généreux qu'il vient de nous faire d'une façon si délicate.

M. A. Bochet a la parole pour sa communication sur l'*Application des machines à pétrole à la navigation.*

M. A. Bochet, pour montrer ce qu'il est possible d'obtenir des moteurs à pétrole judicieusement employés pour la navigation, cite de nombreuses applications en indiquant les résultats obtenus, et en accompagnant ses explications de la projection de nombreux clichés.

Ces citations sont limitées à des moteurs consommant du pétrole lourd pesant au moins 800 *g* par litre.

La construction de ce genre de machines a été entreprise aux Ateliers Sautter, Harlé et C^ie^, il y a huit ans, pour satisfaire aux sujétions particulières de certaines applications militaires.

M. Bochet décrit les types à deux cylindres verticaux employés pour le service des projecteurs électriques et comportant une mise en marche automatique à l'air comprimé. Il signale l'inconvénient des réactions violentes de ce genre de machines pour l'installation sur les navires et montre la nécessité d'en assurer l'équilibrage.

Ce résultat peut être obtenu en multipliant les cylindres, mais il en résulte une complication qu'il est fort désirable d'éviter.

C'est ce qui a conduit à réaliser le système des moteurs équilibrés avec suspension à ressort dont M. Bochet cite nombre d'applications; entre autres, à la commande des dynamos à bord des navires au mouillage, application qui s'est étendue à l'éclairage électrique du Palais du Gouverneur à Tananarive, ainsi qu'à la commande d'un treuil de sondage en plein Sahara à Touggourt, où une machine de 10 *ch* fonctionne, depuis six mois, neuf heures par jour, dans des conditions extrêmement dures.

Pour montrer l'endurance des moteurs à pétrole, M. Bochet communique l'avis donné par les armateurs du pétrolier à voile, le *Quévilly*, MM. Prentout, Leblond et Leroux, sur la machine à pétrole construite, en 1897, aux Ateliers Sautter, Harlé et C^ie^, et qui assure, depuis cette époque, l'éclairage du navire.

Depuis six ans, cette machine a fonctionné d'une façon parfaitement régulière, pendant 2 000 journées, correspondant à une durée de 27 000 heures d'éclairage, sans aucune avarie.

En ce qui concerne la propulsion des bateaux, M. Bochet rappelle les applications importantes faites au Danemark et en Allemagne, qui ont été citées par M. Pérard, et signale celles qui ont été réalisées sur les lacs suisses.

Depuis une dizaine d'années, l'Atelier de Constructions Mécaniques Saurer, à Arbon, fait, avec plein succès, des machines à pétrole pour la propulsion des bateaux.

Les avantages constatés sont tels que tous les bateliers du lac de Constance ont transformé leurs anciens bateaux à voile par l'adaptation des moteurs à pétrole.

Le service s'en est trouvé de beaucoup amélioré et l'importance des transports a quadruplé.

M. Bochet décrit en détail l'installation d'un cotre de pêche de 53 *t*, l'*Olga*, attaché au port de Brest.

Ce bateau possède, comme auxiliaire de la voilure, un moteur équilibré d'une vingtaine de chevaux.

C'est notre Collègue, M. Frédéric Fouché, qui a fait construire ce bateau, en 1899, pour parer aux conséquences désastreuses des variations de la pêche en Bretagne.

L'installation comporte un système d'hélices à ailes reversibles et un dispositif pour la mise en marche du moteur au moyen de l'air comprimé.

M. Bochet montre également les dessins d'une petite vedette de mer avec moteur à pétrole équilibré de 35 *ch*, actuellement en construction aux Forges et Chantiers à La Seyne.

Il termine par la description de l'installation d'un moteur Diesel à bord d'une péniche en acier.

Ce moteur, du type équilibré, construit dans les Ateliers Sautter, Harlé et C^ie^, est la première machine de ce genre appliquée à la navigation. Cette application a été faite en collaboration avec M. Dyckhoff, Administrateur de la Société française des Moteurs Diesel et de son Ingénieur M. Bosch.

En terminant, M. Bochet fait remarquer que les exemples donnés par M. Pérard et ceux qu'il a cités prouvent que, depuis longtemps déjà, les moteurs à pétrole sont capables de satisfaire aux exigences de la navigation. Pour assurer leur développement, il suffit que les armateurs comprennent bien les avantages qu'ils peuvent en tirer, et qu'ils se décident à faire les efforts nécessaires pour la mise au point d'une application nouvelle.

Il faut, en particulier, qu'ils confient les machines à un personnel bien au courant, auquel ils devront donner une autorité et un traitement en rapport avec l'importance du rôle qu'il aura à jouer.

L'exemple a été fort bien donné par M^me^ Lemonnier et M. Altazin, dont M. Pérard a cité les noms, auxquels M. Bochet ajoute ceux de MM. Prentout, Leblond, Leroux, et Frédéric Fouché.

M. LE PRÉSIDENT avant de remercier M. Bochet demande si un de nos Collègues désire prendre la parole au sujet de la communication qui vient d'être faite.

M. J. PÉRARD rappelle que, dans sa récente communication sur le même sujet, il a indiqué que les moteurs à pétrole pouvaient être maniés et dirigés par des *marins intelligents;* il entend parler surtout de ceux qui ont reçu l'instruction de l'école de Pêche. Pour que l'application des moteurs à pétrole aux bateaux de pêche se développe comme elle doit le faire, il ne faut pas que l'emploi de ces moteurs soit un surcroît de dépense pour les armateurs. Pour un bateau avec moteur de 300 *ch* on peut employer des mécaniciens, mais pour un chalutier de 30 *ch* l'emploi de personnel spécial constituerait une dépense, qui pourrait faire manquer le but que M. Pérard s'est proposé d'atteindre.

M. BOCHET constate avec plaisir qu'il est d'accord avec M. Pérard et il se félicite des heureux résultats obtenus dans les écoles de pêche pour l'instruction mécanique des marins.

M. le Président remercie M. Bochet de sa communication très instructive, qui a fait le plus grand plaisir à tous nos Collègues présents.

M. A. Montupet a la parole pour sa communication sur la *Circulation de l'eau dans les chaudières à vapeur.*

M. A. Montupet expose que son étude comprend deux parties : la première est relative aux chaudières à bouilleurs, semi-tubulaires, ou à deux corps superposés ; la seconde s'occupe des chaudières multitubulaires.

Dans les chaudières à bouilleurs, les appareils qu'il emploie se composent d'un écran en tôle, placé sous la communication d'avant, et destiné à obliger toute la vapeur produite dans les bouilleurs à se dégager dans le corps supérieur par les communications avant, qui sont prolongées, dans ce corps supérieur, jusqu'au niveau minimum de l'eau.

Les diamètres des communications d'arrière doivent être déterminés pour assurer le dégagement de la vapeur en sus du volume d'eau descendant par les communications d'avant, et, avec une combustion déterminée, on obtient dans les bouilleurs des vitesses de 50 à 70 *cm* par seconde pour l'eau en mouvement, ce qui fait passer de 60 à 80, et même 100 fois par heure, dans un bouilleur, toute l'eau contenue dans la chaudière.

Des essais faits sur plusieurs chaudières ont donné des vaporisations allant de 22 à 27 *kg* par mètre carré de surface de chauffe, tout en conservant un rendement économique.

Dans les chaudières semi-tubulaires, la hauteur du faisceau augmente celle des colonnes de dégagement de l'eau et de la vapeur des bouilleurs.

La circulation active de l'eau maintient en suspension les sels qui se trouvent en dissolution dans l'eau d'alimentation ; ces sels ne peuvent se déposer que lors des arrêts de la chaudière ; ils sont repris ensuite à la mise en feu, de telle sorte qu'ils ne peuvent isoler la tôle de l'eau en mouvement et adhérer au métal.

En empêchant la saturation par des extractions en marche, en rapport avec la vaporisation et avec la nature de l'eau d'alimentation, on peut maintenir les chaudières en parfait état de propreté.

Ces extractions ne nuisent en rien au rendement économique, car les sels calcaires étant mauvais conducteurs de la chaleur, empêchent la transmission de la chaleur, absolument comme les dépôts calcaires et adhèrents dans les chaudières sans circulation.

Les appareils, étant essentiellement démontables, ne gênent en rien les visites intérieures.

Les chaudières semi-tubulaires à circulation occupent, à production égale, les mêmes emplacements que les chaudières multitubulaires, tout en présentant les avantages d'être plus économiques, d'avoir un plus grand volant calorifique, et d'être accessibles facilement dans toutes leurs parties.

Les résultats obtenus dans de nombreuses applications montrent que la circulation de l'eau dans les chaudières donne une économie importante de combustible, tout en permettant d'augmenter la vaporisation dans les plus larges limites.

Une condition capitale pour l'obtention de bons résultats est de disposer les appareils intérieurs pour que la circulation s'établisse dès le commencement de la chauffe, et d'aménager également les foyers pour que le chauffage ne puisse gêner et contrarier en rien les courants établis pour les dispositions intérieures.

Des essais de vaporisation répétés ont montré que, dans les chaudières semi-tubulaires à circulation on obtenait, en marche normale, des vaporisations de 16 à 17 *kg* par mètre carré de surface de chauffe pour une production de vapeur d'environ 9 *kg* d'eau par kilogramme de charbon d'essais, à 8 000 calories, alors que les chaudières semi-tubulaires ordinaires sans circulation, et dans les conditions les plus économiques, ne vaporisent que 11 à 12 *kg* par mètre carréde surface, et 8,500 *kg* par kilogramme de charbon à 8 000 calories.

M. Montupet a fait également des applications de la circulation aux chaudières à foyer amovible, et a obtenu des résultats qui montrent qu'on peut également, dans ces chaudières, supprimer les dépôts calcaires.

Il a recherché aussi les moyens de supprimer les dépôts calcaires dans les tubes bouilleurs des chaudières Field.

Ses appareils permettent d'obtenir des vaporisations, en marche normale, de 25 *kg* par mètre carré, pouvant être portées en cas de besoin à 35 et 40 *kg*.

Enfin, les recherches faites, pour établir la circulation de l'eau autour des foyers des chaudières verticales, ont donné des augmentations de vapeur de 30 à 50 0/0.

Tous les résultats annoncés sont confirmés par plus de 300 applications en service dans l'Industrie, et la Compagnie de Fives-Lille a décidé d'appliquer les appareils décrits aux chaudières qu'elle construit.

Dans la deuxième partie, M. Montupet signale les différents types de chaudières qu'il a été amené à construire, et dont le fonctionnement a fait constater, que les vaporisations sont d'autant plus économiques que l'eau à vaporiser circule dans les meilleures conditions.

Il donne les dessins de différents types, qui peuvent servir à l'étude de la question qu'il examine.

Il montre que les ennuis éprouvés par des combustions actives tiennent aux insuffisances de dégagement de la vapeur produite dans les parties inférieures, ou de l'insuffisance des eaux de retour. Ces constatations l'ont amené à adopter la construction de chaudières à tubes à dilatations libres, fixés dans des coffres en tôle, placés à l'avant, et reliés directement par de très larges sections au réservoir supérieur.

Il décrit un type de générateur à deux faisceaux symétriques, dont les tubes de l'un rentrent dans les tubes de l'autre, et qui permet d'obtenir, dans un espace très limité, une surface de chauffe considérable.

Il présente les détails de construction des différentes parties de ses chaudières.

Il recherche les causes des cintrages de tubes dans les chaudières à tubes d'eau.

Il expose qu'il est facile de déterminer par le calcul les productions de vapeur dans les différentes parties d'une chaudière, et ensuite de se

rendre compte, lorsqu'on constate des cintrages de tubes, que les sections sont insuffisantes pour les dégagements de vapeur ou les retour d'eau.

Il fait ressortir l'importance capitale qu'il y a à assurer le dégagement de vapeur pour éviter la surchauffe des tubes, et il montre les avantages que présentent, dans ce sens, les lames d'eau, ou coffres en tôle, qui peuvent être établis, d'après les vaporisations à obtenir, sur les collecteurs de sections invariables pour toutes les vaporisations.

Cinq chaudières de ce système, à tubes à dilatations libres, ont fonctionné à l'Exposition de 1900 et ont donné, en marche normale économique, des vaporisations de 16 à 17 *kg* par mètre carré de surface de chauffe, vaporisations qui ont pu être portées jusqu'à 29 et 30 *kg*.

Il donne les résultats des essais de vaporisation qui ont été faits par les Ingénieurs de la Marine sur une chaudière de ce type, qui a produit 36 *kg* par mètre carré de surface de chauffe, et 9,705 *kg* d'eau vaporisée par kilogramme de charbon d'essais brut.

Des essais de démontage des tubes de cette chaudière marine, comprenant la vidange de la chaudière, ayant une capacité de plus de 4 000 *l*, l'enlèvement du tube à remplacer, la mise en place du nouveau tube, le remplissage d'eau de la chaudière, l'allumage du feu et la mise en pression à 14 *kg*, ont été faits dans quarante minutes.

M. Grille indique que M. Montupet a manifesté le regret de ne pas avoir pu faire des essais de ses dispositifs de tôles protectrices sur des chaudières de locomotives. Il rappelle à ce sujet que ces essais ont déjà été faits, en 1886, par un de nos Collègues, M. Robert, Ingénieur du Matériel et de la Traction au P.-L.-M. Algérien. L'eau descendait par la lame contre la paroi extérieure, contournait la lame de la paroi verticale et revenait en gerbe par dessus le foyer; la prise de vapeur était en avant. Il y avait une circulation merveilleuse, mais elle était trop forte et les entrainements tels que la méthode a été abandonnée.

M. A. Montupet dit qu'il eût été possible de trouver un dispositif atténuant les entraînements; il y a des recherches a faire dans ce sens et M. Montupet les entreprendra à la prochaine occasion.

M. Lencauchez expose, qu'en raison de l'heure, il n'aura pas le temps de discuter la communication de M. Montupet comme il aurait désiré le faire. Il rappelle, au sujet des chaudières à Bouilleurs, ses travaux en collaboration avec M. Gérard, il y a quarante-deux ans, au Canal de Suez. M. Lencauchez pense qu'il y a beaucoup de bon dans ce qu'a indiqué M. Montupet, mais il estime que dans certains cas les améliorations signalées seront peut-être difficiles. Dans les chaudières semi-tubulaires, le grand défaut est que le tube qui alimente le faisceau est très gros. M. Lencauchez rappelle qu'il a fait, il y a une quinzaine d'années, avec M. Imbert, des chaudières qui ressemblaient beaucoup à celles qui ont été décrites par M. Montupet et dans lesquelles les cuissards avaient été étudiés pour avoir une bonne circulation.

M. Lencauchez insiste sur ce point, que dans les chaudières multitubulaires, les longueurs sont beaucoup trop grandes, l'alimentation de ces tubes est souvent insuffisante, la circulation ne se fait pas convenablement, il se forme des poches de vapeur et on cintre des tubes, quand

on ne les brûle pas. M. Lencauchez termine en concluant qu'il y a beaucoup à faire pour améliorer la circulation; cette question a été trop négligée jusqu'à ce jour.

M. LE PRÉSIDENT remercie MM. Grille et Lencauchez de leurs observations et remercie également M. Montupet de sa très intéressante communication.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. H. Bourdon, P. Coulomb, H. Favrel, T. Greenhill, F. Harlé, H. Harlé, F. Léo, comme Membres Sociétaires.

MM. E. Berthod, P.-Ch. Dumesnil, A. Gros, L. Joret, R. Lallemand, A. de Silitch, E. Vicente Gonzalès sont reçus comme Membres Sociétaires, et

M. F. Monnier-Ducastel, comme Membre Associé.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
H. LAURAIN.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 19 JUIN 1903

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

La Société étant réunie en Assemblée générale, conformément à l'article 17 des statuts, M. le Président dit qu'il va être d'abord donné lecture du Rapport annuel sur la situation financière semestrielle.

Notre Trésorier, appelé en Tunisie par l'état de santé très précaire de son frère, a prié M. le Président de présenter à l'Assemblée ses regrets et ses excuses de ne pouvoir lui-même exposer son Rapport, et notre Vice-Président, M. A. MOREAU, a bien voulu se charger de le lire aux lieu et place de notre Trésorier.

M. A. MOREAU a la parole. Il s'exprime ainsi :

MESSIEURS,

Le 1er décembre 1902, les Membres de la Société étaient au nombre de.	3661
Du 1er décembre 1902 au 31 mai 1903, les admissions ont été de	87
formant un total de.	3748
Pendant ce même laps de temps, la Société a perdu, par décès, démissions, etc.	75
Le total des Membres de la Société, au 31 mai 1903 est ainsi de.	3673
Il a donc augmenté, pendant le semestre, de.	12

Cette très faible augmentation est inférieure de plus de 75 à la moyenne des quinze dernières années qui viennent de s'écouler. Elle est une nouvelle preuve de la gêne et du malaise qui pèsent tant sur notre industrie que sur celles de tous les pays du monde à l'exception des États-Unis. De ce chef, le chiffre de nos recettes au point de vue des droits d'admission et des exonérations, a subi un fléchissement assez fort; mais, comme dans notre projet de budget nous n'en avions fait état que d'une façon très restreinte, nous n'avons pas, à ce chapitre, de mécomptes dans nos prévisions. Il importe, toutefois, que le Comité et les Membres de la Société, chacun dans leur sphère d'action, veuillent bien se préoccuper de nous amener des nouveaux Membres, choisis parmi les Ingénieurs occupant des situations notables, et dont beaucoup ne font pas encore partie de notre Société.

Le Bilan au 31 mai 1903 se présente comme suit :

L'Actif comprend :

1° Le Fonds inaliénable	Fr.	379 863,15
2° Caisse (Espèces en caisse)		5 028,20
3° Débiteurs divers		68 971,56
4° Prix Henri Schneider { 1902 : 6 800,05 / 1917 : 25 992,55 }		32 792,60
5° Bibliothèque		11 000 »
6° Immeuble		932 191,94
TOTAL	Fr.	1 429 847,45

Le Passif comprend :

1° Créditeurs divers	Fr.	47 355,95
2° Prix divers de 1903 et suivants		6 439,40
3° Prix Henri Schneider { 1902 : 6 800,05 / 1917 : 25 992,55 }		32 792,60
4° Emprunt		588 000 »
5° Tirage obligations 1902		3 000 »
6° — 1903		2 749,80
7° Coupons échus et à échoir		15 306,40
8° Fonds de secours		1 246,70
	Fr.	696 890,85
Avoir de la Société		732 956,60
TOTAL	Fr.	1 429 847,45

BILAN AU 31 MAI 1903

ACTIF

1° Fonds inaliénable :

a. Legs Nozo	Prix	Fr.	6 000 »	
b. Fondation Michel Alcan	—		3 730 »	
c. Fondation Coignet	—		4 285 »	
d. Don Couvreux	—		4 857,75	
e. Legs Gottschalk	—		10 000 »	
f. Legs Giffard	Prix et Secours		50 372,05	
g. Donation Schneider	Secours		100 512 »	
h. Don anonyme	—		6 750 »	
i. Legs Roy			873,50	
j. Legs de Hennaü			96 982,50	
k. Legs Huet			67 119 »	
l. Legs Mayer			13 612,50	
m. Legs Faliès			4 768,85	
n. Legs Meyer (nue propriété)			10 000 »	379 863,15
2° Caisse : Solde disponible		Fr.		5 028,20
3° Débiteurs divers :				
Cotisations 1903 et années antérieures (après réduction d'évaluation de 10 0/0)		Fr.	5 312 »	
Obligations, banquiers et comptes de dépôt			62 900,06	
Divers			759,50	68 971,56
4° Prix Henri Schneider :				
a. 1902		Fr.	6 800,05	
b. 1917			25 992,55	32 792,60
5° Bibliothèque : Livres, catalogues, etc.				11 000 »
6° Immeuble :				
a. Terrain				369 160,30
b. Construction :				
Terrasse		Fr.	8 868 »	
Maçonnerie, sculpture, marbrerie			150 331,20	
Charpente, fer et bois			114 926,19	
Menuiserie, parquets			56 718,69	
Serrurerie			51 003,73	
Peinture, vitrerie			30 919,60	
Canalisation, pavage et divers			11 133,36	
Couverture et plomberie			26 537 »	
Fumisterie			27 454,35	
c. Installation :				477 892,12
Ascenseur, monte-charges, plancher mobile		Fr.	1 »	
Gaz et électricité			35 236,08	
d. Ameublement et Matériel :				35 237,08
Mobilier ancien		Fr.	6 000 »	
Ameublement et matériel			43 002,44	
			49 002,44	
				928 193,14

PASSIF

1° Créditeurs divers :

Impressions, planches, croquis, divers travaux en cours	Fr.	6 066,85	
Créditeurs divers		41 289,10	47 355,95
2° Prix divers 1903 et suivants :			
a. Prix Annuel	Fr.	Mémoire	
b. Prix Nozo		136,80	
c. Prix Giffard 1902, prorogé 1905		3 000 »	
d. Prix Giffard 1905		1 886,40	
e. Prix Michel Alcan		319,70	
f. Prix François Coignet		675 »	
g. Prix Alphonse Couvreux		271,50	
h. Prix A. Gottschalk		150 »	6 439,40
3° Prix Henri Schneider :			
a. 1902	Fr.	6 800,05	
b. 1917		25 992,55	32 792,60
4° Emprunt			588 000 »
5° Tirage Obligations 1902			3 000 »
6° — **1903**			2 749,80
7° Coupons échus et à échoir :			
N° 6. Échéance du 1er janvier 1899	Fr.	8,95	
N° 7. — 1er juillet 1899		8,95	
N° 8. — 1er janvier 1900		65,15	
N° 9. — 1er juillet 1900		74,60	
N° 10. — 1er janvier 1901		101,45	
N° 11. — 1er juillet 1901		137,25	
N° 12. — 1er janvier 1902		743,50	
N° 13. — 1er juillet 1902		1 205 »	
N° 14. — 1er janvier 1903		1 937,65	
N° 15. — 1er janvier 1903		11 023,00	15 306,40
8° Fonds de secours			1 246,70
		Fr.	928 193,14
Avoir de la Société			

Nous allons examiner successivement les différents chapitres du bilan.

ACTIF.

Le *Fonds inaliénable* n'a subi aucune modification.

Le compte *Caisse* n'appelle aucune observation.

En ce qui concerne le compte *Débiteurs divers*, *Cotisations 1903 et Années antérieures*, votre Comité ayant procédé pendant deux années consécutives, en fin d'exercice, à la radiation d'office de tous les Membres qui devaient des cotisations arriérées, il en résulte que nous n'avons pas été obligés de faire subir à ce compte la réduction de prévision ordinaire de 50 0/0; nous l'avons évaluée à 10 0/0 environ.

Les *Prix Henri Schneider 1902* sont réduits actuellement à 6800,05 *f*, avec une contre-partie de même somme au Passif, puisque nous n'en sommes que les dépositaires. Cette somme représente le montant que nous avons dû réserver pour le paiement des médailles qui doivent être décernées aux Lauréats, lorsque le choix définitif en aura été arrêté par le Donateur.

Les *Prix Henri Schneider 1917* n'appellent aucune observation.

Le compte *Amortissement de l'Emprunt* a disparu de notre Actif. Votre Assemblée générale de décembre dernier a décidé de le solder en déduction du principal de notre Emprunt qui figurait au Passif.

Quant aux comptes *Bibliothèque* et *Immeuble*, ils n'ont subi aucune modification, sauf en ce qui concerne l'*Ameublement* et *Matériel*, qui s'est augmenté d'une somme de 1 250 *f*, représentant les achats que nous avons dû faire, de chaises pour faire face aux besoins des nombreuses réunions qui ont eu lieu cette année dans l'Hôtel, et de divers autres petits accessoires.

PASSIF.

Le montant des comptes *Créditeurs divers* est à peu près le même que celui de l'année dernière.

Les *Prix divers 1903 et Henri Schneider* ne donnent lieu à aucune remarque, ce qui les concerne vous ayant déjà été expliqué lorsque nous avons examiné l'Actif.

Vous remarquerez aux comptes *Tirage Obligations* que nous y avons fait figurer :

1° Au compte *Obligations 1902* une somme de 3 000 *f* représentant les obligations sorties au tirage au sort de 1902, et dont le remboursement n'a pas été encore demandé par les prêteurs;

2° Au compte *Obligations 1903* une somme de 2 749,80 *f*, qui, augmentée du montant des coupons dont nous disposons chaque année par suite de dons ou abandons, complétera, d'ici la fin de l'exercice, la somme de 3 000 *f* nécessaire pour le second tirage de six nouvelles obligations.

Le compte *Coupons échus et à échoir* ne présente pas de modification.

Quant au compte *Fonds de Secours*, malgré les sommes plus considérables dont nous avons pu disposer cette année, par suite des intérêts provenant des fonds qui nous ont été donnés, dans ce but, par la famille Schneider, son solde est relativement faible. Nous avons dû, en effet, pendant notre premier semestre, faire face à de nombreuses demandes, qui indiquent également combien de nos Collègues sont frappés par la crise industrielle qui sévit depuis plusieurs années sur notre pays.

En résumé, l'Avoir de notre Société, qui était au 30 novembre dernier de 720 632,75 *f*, s'élève actuellement à 732 956,60 *f*; il a donc subi une augmentation, au cours du premier semestre, de 12 323,85 *f*.

Mais, comme nous vous le disons chaque année à pareille époque, nous ne devons pas conclure que l'augmentation en fin d'exercice régulier sera proportionnellement double. Le premier semestre, en effet, est toujours plus productif que le second, par suite de l'encaissement des abonnements, du plus grand nombre des locations, etc.

Nous devons toutefois espérer que nous pourrons, à fin 1903, vous présenter des résultats à peu près analogues à ceux de l'année dernière.

M. LE PRÉSIDENT demande si quelqu'un désire présenter des observations. Personne ne demandant la parole, M. le Président met aux voix l'approbation des Comptes qui viennent d'être présentés.

Les Comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il est certain d'être l'interprète des Membres de la Société tout entière en remerciant chaleureusement M. le Trésorier pour les soins et le dévouement qu'il apporte à la gestion de nos finances.

M. LE PRÉSIDENT dit que, conformément aux statuts, les modifications votées lors de l'Assemblée générale de décembre dernier, ont été remises à l'autorité supérieure pour approbation. Mais il pourrait se faire que le Conseil d'État ou le Ministère demandassent quelques explications complémentaires, et, pour pouvoir les fournir utilement, il est indispensable que, conformément aux traditions, deux ou trois personnes soient désignées spécialement à cet effet par l'Assemblée. La Société étant réunie ce soir en Assemblée générale, il demande à ses Collègues de bien vouloir désigner MM. P. Bodin, Président, G. Dumont, ancien Président, Rapporteur de la Commission, et E. Cornuault, membre de cette Commission.

L'Assemblée, consultée, nomme, à l'unanimité des membres présents, MM. P. Bodin, G. Dumont et E. Cornuault, délégués de la Société, en leur donnant tous les pouvoirs nécessaires pour faire toutes démarches et accepter toutes modifications qui pourraient être demandées par l'Autorité supérieure.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que dans cette Assemblée générale, il a, aujourd'hui, l'agréable mission de proclamer les noms des lauréats des *Prix Annuel*, *A. Gottschalk* et *Nozo*.

Prix Annuel. — Ce Prix a été décerné à M. M. DIBOS, pour ses travaux et études sur *le Sauvetage et le Renflouage des navires naufragés.*

Notre Collègue, en effet, s'est tout spécialement consacré à cette branche du sauvetage, pour laquelle nous étions, depuis longtemps, tributaires de l'étranger. Bien que le matériel dont nous disposons actuellement en France, n'ait pas encore l'importance de celui de certaines Compagnies étrangères spécialement et puissamment outillées pour ces opérations, notre Collègue n'en a pas moins fait, en de nombreuses circonstances, des sauvetages des plus intéressants.

Il s'est également tout spécialement occupé de la question de la navigation aérienne et du projet de la traversée du Sahara en ballon.

M. le Président est heureux, en lui remettant la médaille du Prix Annuel, de le féliciter.

Prix A. Gottschalk. — Ce Prix, que notre Société décerne pour la première fois depuis le décès de notre regretté ancien Président, M. A. Gottschalk, son fondateur, est spécialement réservé aux questions de mécanique industrielle.

Le Jury a été unanime à désigner comme lauréat, notre Collègue, M. Maurice Pelletier, Ingénieur de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est, pour ses travaux sur *l'Application des tiroirs cylindriques aux locomotives compound.*

Ces études, entreprises par le Service du Matériel et de la Traction du Chemin de fer de l'Est, dont notre ancien Président, M. L. Salomon, est l'Ingénieur en chef, ont amené cette Compagnie à adopter cette distribution pour un certain nombre de ses locomotives.

Le mémoire qui nous exposait ainsi les résultats obtenus, a donc semblé au Jury remplir toutes les conditions pour l'attribution du Prix qui lui est décerné, et M. le Président est heureux de le remettre au lauréat.

Prix Nozo. — Ce Prix a été décerné à notre Collègue, M. A. Gouvy, pour les nombreux travaux et études qu'il nous a présentés sur *la Question de la Métallurgie* depuis trois ans.

Déjà, l'année dernière, son Mémoire sur *la Sidérurgie dans l'Oural Méridional*, lui avait valu le Prix Annuel.

Depuis cette époque, notre Collègue, dont la compétence en ces matières est indiscutée aussi bien en France qu'à l'Etranger, où il a créé et dirigé pendant longtemps d'importantes usines métallurgiques, a spécialement étudié pour nous :

En février 1902, *l'Exposition industrielle de Dusseldorf dans son ensemble;*

En juillet, *la Métallurgie du fer et de l'acier à la même Exposition;*

Enfin, en décembre, un travail d'ensemble des plus importants, sur *l'État actuel des Industries du fer et de l'acier dans les provinces du Rhin et de Westphalie.*

M. le Président est heureux, en lui remettant la Médaille du Prix Nozo, de consacrer ainsi de nouveau la valeur tant des Travaux qu'il vient d'énumérer que de ceux que notre Collègue nous avait remis depuis de longues années déjà. Dès 1887, en effet, une *Etude sur les Cubilots*, parue dans notre Bulletin, avait été fort remarquée.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 19 JUIN 1903

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

A propos du procès-verbal du 5 juin, M. LE PRÉSIDENT dit que notre Collègue, M. Lencauchez, lui a adressé une lettre demandant quelques modifications et rectifications dont il est donné lecture, savoir :

1° C'est avec M. Girard et non M. Gérard, que j'ai fait des chaudières pour le canal de Suez ;

2° J'ai dit que dans les chaudières multitubulaires, les tubes étaient deux et trois fois trop longs ;

3° Que les tuyaux, gros tubes ou cuissards, sont indispensables ; que, contrairement, en général, ils sont huit à dix fois trop petits *en section*, de sorte que la circulation est très mauvaise dans ces chaudières ;

4° Que dans les chaudières à circulation intensive, nous avons obtenu 28 à 30 *kg* par heure et par mètre carré moyen, avec des différences réelles de niveau d'eau, variant entre le repos absolu et la plus grande activité de marche, au plus depuis 30, jusqu'à 35 *mm* de colonne d'eau audit niveau ;

5° Que les longs tubes de 5 à 6 *m* de longueur et de 70 à 80 *mm* de diamètre donnent lieu à la formation de poches de vapeur et que les dits tubes se courbent (se cintrent), se déboîtent, quand ils ne brûlent pas.

M. LE PRÉSIDENT ajoute que la note de M. Lencauchez nous est parvenue trop tard pour que le Secrétaire, chargé de la rédaction du procès-verbal de cette séance du 5 juin ait pu en tenir compte.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître à la Société le décès de MM.

Edward-Tremlett Carter, Membre de la Société depuis 1896, rédacteur en chef de *The Electrician*, Ingénieur Conseil de diverses Compagnies ;

Marc-Marius-Émile Gauthey, Ancien Élève de l'École Centrale (1863), Membre de la Société depuis 1896, Administrateur de Sociétés de charbonnages françaises, russes et belges, Ancien Directeur de la Compagnie des Sels Gemmes de Russie ;

Vladimir Herzenstein, Membre de la Société depuis 1889, Membre Honoraire depuis 1890, Ingénieur au Ministère des voies de Communications de Russie, Vice-Président de la Commission pour la Conservation des Bois, Directeur du laboratoire d'essais et Ingénieur attaché à l'Administration Centrale de la Compagnie du Chemin de fer Moscou-Vindau-Rybinsk, Directeur du Bureau technique international.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de condoléances de la Société tout entière.

M. LE PRÉSIDENT a, par contre, le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

On été nommés :

Officiers d'Académie : MM. J.-J. Loubat, L. Saint-Martin ;

Chevaliers du Mérite Agricole : MM. G. Macaire et R. Gross ;

Chevalier de l'Ordre Royal de Léopold de Belgique : M. R. Jacquemart ;

Membres de la Commission chargée de l'étude des mesures législatives à prendre en vue d'assurer une meilleure utilisation des forces hydrauliques provenant des cours d'eau non navigables ni flottables, Commission nouvellement instituée au Ministère de l'Agriculture : MM. J. Coignet, P. Medebielle, A. Bochet, G. Forgue, G. Richou, Ch. Pinat et M.-P. Lévy-Salvador, ce dernier à titre de Secrétaire ;

Grand Prix à l'Exposition d'Hanoï : M. L. Chandora.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

Parmi ces ouvrages, il signale plus spécialement une publication due à un Ingénieur récemment décédé et qui est éditée par sa veuve, savoir : *Etude sur l'Administration et la Comptabilité des Usines électriques*, par M. Ray. Ce volume, fort instructif et très documenté, et qui a valu, en outre, à son auteur une Médaille d'Or au Congrès du Syndicat professionnel des Usines d'électricité, peut être d'une grande utilité pour ceux de nos Collègues qui ont à s'intéresser à la partie administrative et financière de Sociétés s'occupant d'électricité.

M. LE PRÉSIDENT dit que notre Collègue, M. Ch. Vattier, lui a demandé la parole pour quelques minutes, en vue de nous faire connaître le résultat de divers voyages et missions qu'il vient de faire à l'étranger pour le gouvernement chilien. Il va nous exposer, plus spécialement, la question du traitement du cuivre par les systèmes des fours électriques.

M. le Président aurait été très désireux que M. Vattier pût nous faire une conférence complète sur ce sujet, mais son départ prochain pour le Chili et notre ordre du jour de ce soir très chargé, nous privent de ce plaisir.

M. Ch. VATTIER expose rapidement les procédés mis en œuvre dans les dernières *expériences industrielles électro-métallurgiques pour la fonte des minerais dans les fours électriques*. Ces expériences ont été exécutées en France. Il indique aussi les applications qui, à son avis, pourront être faites sur des minerais, dont il se propose d'étudier les traitements électro-métallurgiques dès sa rentrée prochaine au Chili et en Bolivie.

Se rendant à l'invitation faite par M. le Président, M. Vattier a développé, spécialement pour notre Société, les considérations exposées brièvement au cours de la séance. Il a rassemblé ces développements dans une note très documentée qui paraîtra *in extenso* au Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Vattier de sa communication.

M. R. Soreau a la parole pour sa communication sur un *Procédé rapide de détermination des charges remorquées par les locomotives.*

M. R. Soreau commence par établir la relation suivante entre les fonctions qui caractérisent un train et celles qui définissent ses conditions de marche :

$$\frac{c}{\sqrt{V}} = (P + p)\,[f(V) + i],$$

avec les valeurs suivantes :

P, poids du convoi remorqué, en tonnes ;

p, poids de la locomotive et du tender, en tonnes ;

i, déclivité, en millimètres par mètre ;

V, vitesse, en kilomètres par heure ;

f(V), résistance en kilogrammes par tonne de train brut, en palier et en alignement droit ; f est une caractéristique expérimentale du type du train ;

c, caractéristique expérimentale du type de la locomotive, résultant de l'égalité $c = F\sqrt{V}$, où F est l'effort moyen de traction, en kilogrammes.

Bien entendu, cette formule n'a pas d'autre prétention que de donner des résultats moyens, et il y aurait, du reste, quelque puérilité à la compliquer en cherchant à expliciter les facteurs qui ont une influence accidentelle ou secondaire, comme l'état atmosphérique et en particulier le vent, l'ordre de succession des wagons ouverts et des wagons fermés, le mode de graissage, la nature des coussinets, l'état de la voie, le coefficient personnel du mécanicien, etc., toutes circonstances qui ont un effet réel, mais ne sont pas susceptibles d'être mathématiquement analysées. On y obvie en prenant pour c et f des moyennes de valeurs expérimentales. Dans le même ordre d'idées, notre Collègue serait d'avis d'incorporer dans f le terme de correction habituel dû à la résistance dans les courbes, terme qui est, d'ailleurs, relativement faible pour la voie normale.

M. Soreau expose, sur cet exemple, la théorie qu'il a imaginée il y a deux ans pour les abaques à double alignement. Il arrive ainsi à la représentation suivante : une échelle rectiligne régulière pour chacune des variables P, p, c et i, une échelle curviligne pour V. Les échelles p et c servent uniquement à figurer chaque type de locomotive par un point. Il est rigoureusement impossible de trouver un graphique plus simple. L'inconnue s'obtient très rapidement avec une règle et une équerre par le parallélisme de deux droites : ainsi, quand on se donne la locomotive (p, c), la vitesse V et la déclivité i, il suffit, pour avoir P, de mener par le point (p, c) une parallèle à la droite Vi.

Chaque Compagnie a pour f(V) ses formules particulières. Il convient et il suffit en pratique de prendre cinq formules, correspondant aux trains suivants : marchandises, mixtes, voyageurs, express avec voitures à deux essieux, express et rapides avec voitures à bogies. Une Compagnie peut donc, sur une simple feuille de papier, marquer ses divers types de locomotives par autant de points figuratifs, et ses divers genres

de trains par cinq courbes dont les équations se déduisent des cinq formules $f(V)$. Il est dès lors facile de résoudre, avec une aisance remarquable, une grande rapidité et une précision suffisante, tous les problèmes implicitement compris dans la relation ci-dessus, quelles que soient la locomotive et la nature du train : ainsi, on déterminera très vite le champ des charges et des vitesses les plus favorables en profil accidenté, en appliquant ce graphique à la méthode exposée récemment dans le *Génie Civil* par notre Collègue M. Barbier.

Cet exemple, particulièrement topique, montre la simplicité et l'élégance de ces méthodes graphiques modernes, ainsi que les services qu'elles peuvent rendre à l'Ingénieur, dans toutes les branches où s'exerce son activité. M. Soreau estime qu'il serait désirable qu'on les fît connaître, en quelques leçons, aux élèves de nos Écoles techniques. Créées par quatre ou cinq Ingénieurs français, elles sont surtout enseignées à l'étranger, aux Ingénieurs de Louvain, à l'Université de Göttingen, aux Écoles d'application de Bologne et de Padoue, dont les professeurs ne négligent pas de se tenir au courant des travaux parus en France. Ainsi, M. Suttor, professeur du cours spécial de Nomographie de Louvain, a déjà utilisé dans son enseignement quelques-uns des procédés nouveaux imaginés par M. Soreau, et développés dans l'un des Bulletins de notre Société.

M. le Président remercie M. R. Soreau de son intéressante communication. Cette application de la Nomographie à un problème jusqu'ici assez complexe est évidemment de nature à rendre de grands services, dans bien des cas, aux Ingénieurs s'occupant de la traction mécanique.

M. Maurice Métayer a la parole pour sa communication sur *les Progrès de la sidérurgie allemande et l'Exposition de Dusseldorf en 1902*.

Après avoir rendu hommage à la compétence avec laquelle plusieurs de nos Collègues ont présenté à la Société d'intéressants documents sur l'Exposition de Dusseldorf, M. Métayer s'excuse d'en parler encore. Son but est différent; il désire chercher à dégager de cette importante manifestation industrielle un enseignement technique, et, surtout, un enseignement économique.

Le renom acquis par les métallurgistes allemands à la fin du XIX^e^ siècle, dans l'art de fabriquer l'acier, et de le travailler en grande masse, avait fait espérer que la participation de l'Allemagne à notre Exposition de 1900 révélerait d'une façon décisive les progrès de son industrie tout entière.

Aussi, l'absence d'une section affirmant les résultats de l'activité sidérurgique de ce pays, provoqua-t-elle parmi les métallurgistes, une déception d'autant plus vive, que les très remarquables sections de construction mécanique et d'électricité, témoignaient d'une façon très nette du puissant essor de l'industrie allemande.

La date très rapprochée de l'Exposition de Dusseldorf explique aujourd'hui cette abstention.

L'Exposition de Dusseldorf a été belle et profitable. Belle par l'harmonie de son ensemble, la variété et la sélection des types exposés; profitable, parce que, organisée avec la plus heureuse compétence, elle

demeurera comme un document important pour l'histoire de la métallurgie.

Bien que régionale, l'Exposition groupait les produits de toutes les usines des contrées allemandes où la production sidérurgique a atteint le plus d'intensité.

Elle présentait donc cet avantage de résumer, sans encombrement, l'état actuel des procédés et des résultats auxquels est parvenue, par d'incessants progrès, l'industrie du fer et de l'acier dans le pays tout entier.

Examinée à ce point de vue, elle est pour chacun un enseignement, qui, pour se dégager avec la netteté voulue, demande un regard en arrière sur les stades de l'évolution, dont l'Exposition actuelle est le terme.

Ce rappel du passé montrera plus vivement encore, par la comparaison avec l'évolution parallèle de la métallurgie dans les autres grands pays d'Europe et aux États-Unis, quel essor vigoureux ont donné à la sidérurgie allemande, la persévérance méthodique des Ingénieurs, secondés par les recherches des savants, mais aidés, il est vrai, par les ressources du sol, par des capitaux considérables, et par un Gouvernement particulièrement soucieux des problèmes économiques.

M. Métayer constate que, par une coïncidence curieuse, c'est au berceau même de la métallurgie moderne que s'est élevée l'Exposition de 1902; il fait l'historique des progrès généraux techniques accomplis, puis, après avoir comparé la production des différents pays de l'Europe et des États-Unis, il constate que, de tous les États d'Europe, la production sidérurgique de l'Allemagne présente l'augmentation proportionnellement la plus considérable et la progression la plus régulière.

Cependant une crise est venue interrompre brusquement cet élan de prospérité, accusant nettement, pour 1901, une baisse sur la production de l'année précédente.

Cette crise offre un intérêt tout particulier, tant à raison des causes qui l'ont provoquée, que des procédés mis en œuvre pour en atténuer les effets.

Dès 1872, les Industriels allemands trouvent dans le Gouvernement le plus attentif des tuteurs; M. de Bismarck fait voter des tarifs protecteurs; l'amiral Von Stosch décrète que la marine de guerre n'utilisera plus que des matériaux allemands; l'armement des troupes et de l'artillerie sont également réservés à la production nationale.

La marine marchande à vapeur triple son tonnage; chemins de fer, tramways, accroissent leurs réseaux dans la même proportion.

Les cités de la vieille Allemagne se transforment, au point d'offrir à l'étranger l'impression inattendue d'un pays neuf!

Puis, cette prospérité intérieure ne suffit plus à l'ambition de nos voisins; ils rêvent de se répandre à l'extérieur et escomptent déjà les bénéfices de l'exportation dans les pays fraîchement ouverts à la civilisation européenne.

Une fièvre d'affaires s'empare du peuple allemand, que son tempérament paraissait pourtant préserver d'un engouement pareil.

De 1890 à 1900, plus de 3 milliards sont répartis entre un très grand

nombre de Sociétés industrielles, en connexion plus ou moins directe avec l'industrie sidérurgique, et parmi lesquelles on peut citer 94 Sociétés minières ou de hauts fourneaux avec un capital de 235 620 000 *f*, et 311 Sociétés métallurgiques avec un capital de 595 122 000 *f*.

Mais brusquement, la guerre de Chine et la guerre Sud-Africaine, arrêtent les exportations. Le marché de Russie se ferme ; l'intensité du marché intérieur diminue, et, par surcroît, les Etats-Unis préludent à une concurrence redoutable en Extrême-Orient.

Cet ensemble de faits presque simultanés détermine le mouvement de crise, qui vient surprendre les usines en pleine activité, et provoque des troubles financiers dans les établissements de crédit trop imprudemment engagés, devenant une menace de plus en plus sérieuse pour l'industrie allemande.

Il était urgent d'en atténuer les effets.

Heureusement, les grands syndicats de vente, dont nos voisins ont été les initiateurs en Europe, observent une modération qui devrait servir d'exemple.

Tandis qu'en France, au moment de la baisse des fers et des aciers en 1901, les producteurs de houille, dont le commerce était très prospère, ne consentent que difficilement de légères réductions sur le prix très élevé des combustibles, les Syndicats allemands pour la vente du coke, prêtent sans hésitation aux métallurgistes un concours louable et efficace.

De leur côté, les grandes usines réduisent progressivement leur production.

Enfin, une circonstance inattendue, et peut-être de brève durée, vient actuellement en aide aux métallurgistes allemands : les usines américaines, malgré leur énorme production, ne suffisent pas à la consommation intérieure, sans cesse croissante, du pays, et, pour leur part du moins, laissent aux Allemands les grands marchés extérieurs libres de toute concurrence.

Il est frappant de constater que c'est au cours de cette période critique que s'est ouverte l'Exposition de Dusseldorf.

M. Métayer, répondant ensuite au désir que lui avait exprimé l'année dernière notre ancien Président, M. Salomon, résume alors rapidement les premières leçons de principes qui forment l'avant-propos du cours qu'il professe à l'*École Centrale des Arts et Manufactures* sur *la Métallurgie du fer*.

Après avoir défini les problèmes généraux de la sidérurgie, il résume l'étude des phénomènes du traitement des minerais de fer, ce qui lui procure l'occasion de définir l'*aluminothermie* et les principes de *l'électrométallurgie* et, après de très intéressantes projections cinématographiques, il en arrive aux conclusions de son importante étude.

L'Exposition de Dusseldorf comporte à la fois *un enseignement technique* et *un enseignement économique*.

Au point de vue technique, elle précise, avec notre Exposition Universelle de 1900, les progrès réalisés par l'industrie sidérurgique au cours de ces dernières années.

Ces progrès s'affirmant par la substitution, de plus en plus généralisée,

de l'acier au fer puddlé, par la création des aciers spéciaux et par l'application des découvertes scientifiques au traitement thermique des pièces d'acier.

Cependant, il convient de constater que cette victoire de l'acier n'a pas supprimé l'usage du fer d'une façon absolue.

En Allemagne, les fers du commerce, et les fers de qualité surtout, sont encore justement estimés.

En France, l'abandon de l'usage du fer est moins prononcé.

Les principes de traitement de l'acier ordinaire sont pourtant assez simples, et il serait à souhaiter que leur vulgarisation fût faite dans toutes les écoles professionnelles françaises comme elle l'a été en Allemagne.

Au point de vue économique, l'Exposition de Dusseldorf reflète l'extraordinaire engouement de l'Allemagne, dans ces dix dernières années, pour les entreprises industrielles sidérurgiques.

Il apparaît que les métallurgistes allemands, frappés par l'expansion impressionnante de la métallurgie aux États-Unis, se sont efforcés de modeler sur eux leur propre développement, sans se rendre suffisamment compte que les besoins sont limités chez eux, alors qu'en Amérique ils ne le sont pas encore.

La prospérité actuelle de la métallurgie américaine, contrastant avec la crise générale de la métallurgie en Europe, en est une preuve évidente.

La tâche des métallurgistes allemands à l'intérieur était facilitée par l'unification du pays et par la diffusion de l'instruction industrielle depuis l'école primaire jusqu'aux écoles professionnelles.

Pour favoriser leur exportation, les Allemands ont créé chez eux de puissants réseaux de chemins de fer et de voies fluviales.

Ils ont agrandi ou amélioré leurs ports sans compter ; de 1891 à 1901, plus de 235 millions ont été dépensés pour le port de Hambourg et plus de 175 millions pour celui de Brême.

A l'extérieur, ils ont fondé des comptoirs sur le modèle des établissements anglais ou belges et les produits exportés bénéficient de véritables primes déguisées à l'exportation.

Sans calquer cette intéressante organisation, M. Métayer souhaite que les pouvoirs publics s'en inspirent, afin de donner un nouvel essor aux usines dont la puissance actuelle peut permettre l'exportation d'une partie importante de leur production.

L'avenir des usines françaises n'est pas dans une extension immodérée de leur production, ni dans la fabrication de pièces démesurées pour les besoins de la construction.

Il réside au contraire dans l'amélioration sans cesse poursuivie des qualités d'homogénéité et de résistance des pièces d'acier livrées au commerce.

Les résultats acquis sont incontestablement remarquables, mais on fera certainement mieux encore, grâce aux nouvelles recherches scientifiques.

Cette science industrielle toute récente est très française, par les principaux noms qui y sont attachés, et il nous suffit d'en observer l'appli-

cation raisonnée pour que dans l'avenir, tout en conservant nos qualités traditionnelles, nous n'ayons rien à envier à la métallurgie allemande.

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. Métayer de la très intéressante étude qu'il a présentée avec une grande clarté d'exposition. Les applaudissements de l'Assemblée ont montré l'intérêt avec lequel M. Métayer avait été écouté.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. A.-F. de Bazelaire, L. Bochet, A. Bitterlin, A.-J. Carbonnier, E.-A. Carlier, A. Dufort, M.-H.-Ch.-E. Hermann, Ch.-A. Stoffi, F.-L. Tellier comme Membres Sociétaires.

MM. H.-F. Bourdon, P.-Ph.-M. Coulomb, H. Favrel, Th.-A. Greenhill, L.-F. Harlé, F.-A. Harlé, F.-H. Léo sont reçus Membres Sociétaires.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
H. LAURAIN.

ÉTUDES

SUR LA

CIRCULATION DE L'EAU

DANS LES

CHAUDIÈRES A VAPEUR [1]

PAR

M. A. MONTUPET

PREMIÈRE PARTIE

CHAUDIÈRES DIVERSES

Depuis très longtemps on a reconnu les avantages que peut donner la circulation de l'eau dans les chaudières à vapeur, et il a été créé, dans ce but, un grand nombre d'appareils qui ont presque tous été abandonnés, parce qu'ils ne répondaient qu'imparfaitement ou pas du tout à ce que l'on attendait d'eux.

Ce n'est que depuis la vulgarisation des chaudières multitubulaires que cette question a été réétudiée d'une manière suivie, et que les inventeurs et constructeurs se sont ingéniés à faire des chaudières dans lesquelles il existe une circulation plus ou moins réelle et rapide de l'eau à vaporiser.

Des inventeurs ont cherché alors à créer des circulations d'eau dans les chaudières en usage dans l'industrie, et il existe depuis quelques années des appareils qui résolvent d'une manière plus ou moins bonne le problème posé.

Nous avons été amené à étudier cette question en cherchant à supprimer les coups de feu qui se produisent souvent dans les chaudières semi-tubulaires et que nous attribuons à des circulations anormales de l'eau et de la vapeur dans ces chaudières.

Ces chaudières, qui sont très répandues en France, présentent souvent, en effet, le très grave inconvénient d'avoir des coups de feu dans le voisinage des communications d'avant et de l'autel du foyer, et l'on a essayé d'y remédier par des dispositions diverses.

Un certain nombre de constructeurs ont placé trois communi-

(1) Voir planche n° 53.

cations au lieu de deux entre chaque bouilleur et le corps de chaudière, mais cela n'a pas encore donné toute sécurité parce que rien ne fixe d'une manière rigoureuse les positions de ces communications.

D'autres ont placé à l'avant des bouilleurs et sous les communications des cuvettes en tôle destinées à recevoir les dépôts calcaires, sans pourtant supprimer complètement les accidents.

Nous avons poursuivi nos recherches et nos essais pendant plusieurs années, et nous avons trouvé qu'avec des dispositions très simples établissant des circulations rationnelles de l'eau, on supprimait non seulement les coups de feu dans toutes les chaudières à bouilleurs ou semi-tubulaires, mais encore les dépôts calcaires, et qu'on pouvait augmenter la vaporisation de ces chaudières dans les limites les plus grandes et les plus économiques.

Les essais que nous avons faits ont porté sur divers types de chaudières, mais nous avons surtout étudié les applications aux chaudières à deux corps superposés telles que les chaudières à bouilleurs et semi-tubulaires, les chaudières à foyers intérieurs avec un réservoir supérieur d'eau et de vapeur, et les chaudières à tubes Field pour lesquelles nous avons obtenu les solutions les plus complètes.

Nos appareils définitifs datent de la fin de 1899, et nous avons commencé alors à faire un certain nombre d'applications d'essai qui ont donné les meilleurs résultats et servi de références.

Nous avons fait des applications dans un grand nombre de chaudières en service, mais en choisissant celles qui pouvaient se prêter à une adaptation devant donner de bons résultats afin d'éviter des échecs risquant de compromettre l'avenir de cette question extrêmement intéressante.

On rencontre, en effet, dans ces chaudières, des dispositions extraordinaires de construction des communications et de fonctionnement, auxquelles il est matériellement impossible d'apporter des modifications, et on se demande comment il n'arrive pas plus souvent des accidents avec des dispositions absolument mauvaises.

Nos appareils permettent d'obtenir les résultats suivants :

1° Augmentation de production de vapeur ;

2° Suppression des dépôts calcaires durs et adhérents ;

3° Économie de combustible ;

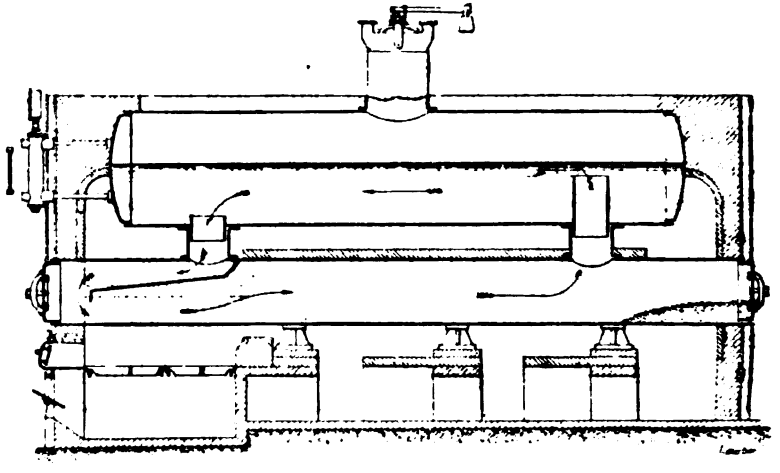
4° Suppression des dilatations et contractions anormales.

Ils sont excessivement simples et se composent de tôleries disposées à demande et destinées à assurer le dégagement de la vapeur des corps inférieurs des chaudières et la descente de l'eau des corps supérieurs dans des directions constantes.

Chaudières à bouilleurs.

Dans les chaudières à bouilleurs, ils se composent *(fig. 1)* d'un écran en tôle légèrement incliné, placé à l'avant de chaque bouilleur sous la communication pour empêcher la vapeur produite dans le bouilleur de se dégager par cette communication, et la

FIG. 1. - CHAUDIÈRE A BOUILLEURS A CIRCULATION INTENSIVE



forcer à passer par la communication arrière pour se rendre dans le corps supérieur par une colonne ascensionnelle qui prolonge cette communication jusqu'au niveau minimum de l'eau.

Ainsi qu'on peut le remarquer, l'eau se déplace dans la direction des gaz chauds, au lieu d'aller en sens contraire comme l'exigerait une circulation rationnelle, mais cette disposition assure un lavage très énergique des coups de feu et y empêche la formation des dépôts calcaires en les maintenant en suspension dans l'eau dans les chaudières neuves, ou en localisant les dépôts de boues aux extrémités des bouilleurs dans les chaudières en service.

Si la circulation de l'eau se faisait en sens contraire des gaz

chauds, elle amènerait les boues en suspension dans l'eau à l'avant des bouilleurs et risquerait de provoquer des coups de feu.

Il est facile de se rendre compte de ce qui se passe dans une chaudière munie des appareils que nous venons de décrire.

Dès le commencement de la chauffe, l'eau chaude qui s'élève des parois inférieures des bouilleurs se dirige vers les communications arrière, et elle est remplacée par celle qui descend du corps supérieur par les communications avant.

Lorsque la vapeur se forme dans les bouilleurs elle est aussitôt entraînée par l'eau en mouvement, alors qu'elle est à l'état globulaire, et comme ces globules de vapeur se reproduisent d'une manière continue pendant la chauffe, elles forment avec l'eau un fluide qui vient se dégager dans la colonne ascensionnelle du corps de chaudière.

La densité de ce fluide est très sensiblement inférieure à celle de l'eau de la chaudière, et plus le feu est actif sur la grille, plus la vaporisation est grande, plus il y a de bulles de vapeur en suspension dans l'eau, et plus la vitesse de dégagement du fluide ou la circulation est grande.

Dans les appareils d'essais que nous avons établis, et qui sont munis de glaces à leurs extrémités, on voit très nettement les choses se passer comme nous venons de l'exposer, et nous avons constaté que l'eau pouvait acquérir des vitesses de 0,50 à 0,60 et même 0,70 à la seconde dans les corps inférieurs.

Si maintenant nous supposons que la densité du fluide qui se dégage dans la colonne ascensionnelle est les neuf dixièmes, par exemple, de celle de l'eau de la chaudière, la force ascensionnelle ou charge motrice de ce fluide sera sensiblement égale à un dixième de la hauteur de la colonne, et on trouvera la vitesse de dégagement à l'aide de la formule $V = \sqrt{2gh}$.

Comme, d'autre part, on connaît la section de la colonne ascensionnelle, qui est le prolongement de la communication arrière, il sera facile de déterminer le volume d'eau passant par heure dans cette colonne.

On trouve ainsi que toute l'eau d'une chaudière à bouilleurs par exemple, passe de 60 à 80 et même 100 fois par heure dans un bouilleur, avec des vitesses de 0,50 à 0,60 que nous avons constatées dans nos appareils d'essais.

On a prétendu que les diamètres de nos communications étaient trop grands pour que l'eau puisse y circuler d'une ma-

nière automatique, mais les faits ont montré partout que ces assertions étaient complètement erronées.

Il est cependant certain que les diamètres des communications reliant les corps de chaudières ne sont pas indifférents.

Si la colonne ascensionnelle, par exemple, a un diamètre trop faible, la vapeur se trouve en trop grande quantité par rapport à l'eau, et la mise en mouvement et la circulation sont insignifiantes.

Si, au contraire, cette colonne ascensionnelle a un trop grand diamètre, les bulles de vapeur se trouvent disséminées dans une trop grande masse d'eau, le fluide léger a une densité trop grande, et il n'y a qu'un déplacement d'eau, sans entraînement de toute la masse.

Les dimensions des communications, et, par suite, des colonnes ascensionnelles, doivent donc répondre aux productions de vapeur que l'on veut obtenir dans les parties inférieures, et les expériences ainsi que les applications que nous avons faites nous ont montré que les meilleurs résultats étaient obtenus lorsque nous avions dans la colonne ascensionnelle un fluide comprenant quatre volumes d'eau pour un volume de vapeur.

Dans ces conditions, les communications arrière doivent être plus grandes que celle d'avant, et elles doivent avoir une augmentation de section correspondante au dégagement des volumes de vapeur produits dans les corps inférieurs.

Ciels de vapeur. — On a prétendu aussi que nos bouilleurs n'étant reliés aux corps de chaudières que par deux communications très éloignées, il se formerait à la partie supérieure des bouilleurs des ciels de vapeur beaucoup plus importants que ceux qui existent dans les chaudières ordinaires, qu'il y aurait là des dangers de surchauffe du dessus des tôles et, par suite, des cintrages des bouilleurs, ou des fuites et des cassures.

Les nombreuses visites que nous avons faites ont montré que les dispositions inclinées que nous avons données aux écrans, assuraient les dégagements de vapeur dans des conditions telles que les ciels de vapeur existant dans des chaudières ordinaires sont insignifiants ou supprimés avec nos appareils.

Nous avons constaté ce fait dans des bouilleurs dont les communications sont écartées de 7,80 *m* d'axe en axe.

Cependant, pour faciliter les dégagements de vapeur, et activer ainsi la circulation, nous donnons une pente de 1 *cm* par mètre à nos bouilleurs.

Les applications de nos appareils dans des chaudières à bouilleurs ont donné les résultats les plus remarquables.

Dans une chaudière de 22,50 *m* de surface de chauffe, chez MM. Hesse et fils, 70, rue des Archives, nous avons obtenu des vaporisations de 26 *kg* par mètre et 7 *kg* d'eau par kilogramme de charbon brut; chez M. Michelin, 115, rue de Bagnolet, on a vaporisé 26,60 *kg* par mètre, et 7,60 *kg* d'eau par kilogramme de charbon brut avec une chaudière de 30 *m* de surface, et à la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, nous avons vaporisé 27,78 *kg* par mètre de surface avec une chaudière de 12 *m*.

Ce dernier résultat a été suivi de l'application des appareils à deux chaudières semblables.

Nos appareils s'appliquent facilement aux chaudières à bouilleurs en usage et rendent les plus grands services.

En février 1900, M. Larnaude, fabricant de papiers à Aulnay-sur-Mauldre, a installé nos appareils dans une chaudière à bouilleurs, à la suite d'un accident qui avait provoqué une cloque ou poche emboutie de 0,300 *m* de longueur, 0,250 *m* de largeur et 40 *mm* de profondeur, cette chaudière avait eu antérieurement plusieurs coups de feu, qui avaient obligé à remplacer les tôles d'avant des bouilleurs. Elle a fonctionné pendant plus de deux ans avec la cloque de 40 *mm* de profondeur, et les nettoyages ont montré que les parties des bouilleurs placées au-dessus du foyer étaient exemptes de dépôts, et que les dépôts calcaires durs et adhérents antérieurs étaient remplacés par de la boue.

M. Larnaude a fait une nouvelle application dans une autre chaudière à bouilleurs, et il a ensuite installé une chaudière neuve semi-tubulaire de 150 *m* de surface, munie de ces appareils, qui lui donne, non seulement une grande quantité de vapeur et la suppression des dépôts calcaires durs et adhérents, mais une économie importante de combustible.

Chaudières semi-tubulaires.

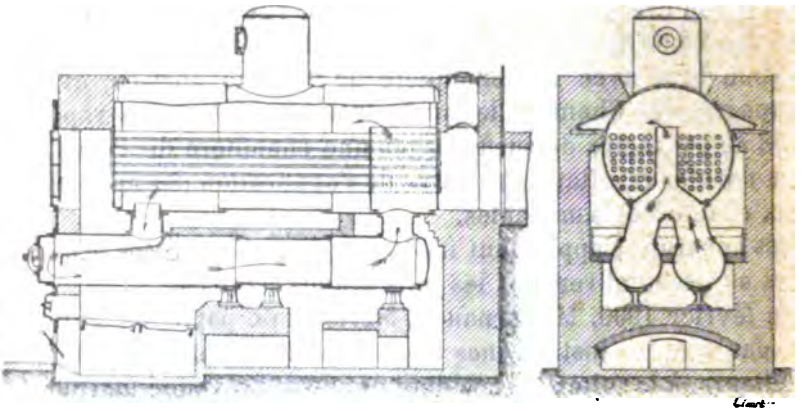
Dans les chaudières semi-tubulaires en service, l'établissement de la colonne ascensionnelle présente certaines difficultés par suite de la présence des tubes, qu'il faut démonter, mais cette opération est rapidement compensée par les résultats obtenus.

Suivant les cas, la colonne ascensionnelle peut être placée longitudinalement entre les tubes *(fig. 2)*, lorsqu'ils sont divisés

en deux faisceaux suffisamment écartés, ou être établis perpendiculairement à ces tubes suivant la figure 3.

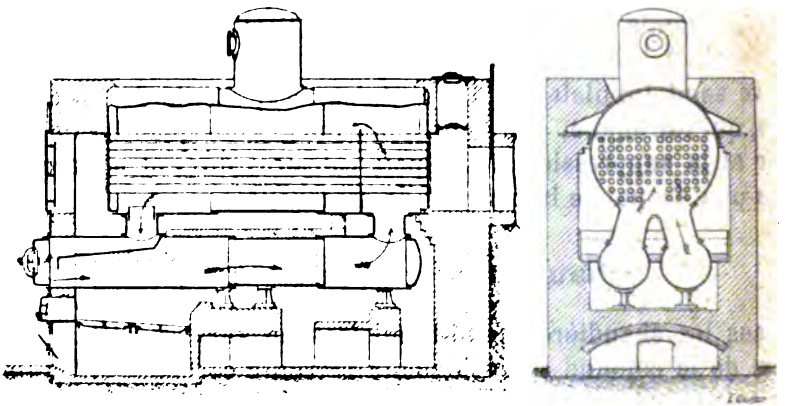
Dans l'établissement des chaudières neuves, nous avons adopté

Fig 2.- CHAUDIÈRE SEMI-TUBULAIRE A CIRCULATION INTENSIVE



cette dernière disposition qui offre le grand avantage de produire un lavage énergique de la plaque arrière et d'y éviter les dépôts calcaires qui provoquent des fuites aux extrémités des tubes.

Fig. 3.- CHAUDIÈRE SEMI-TUBULAIRE A CIRCULATION INTENSIVE



Dans ces chaudières le faisceau tubulaire oblige à donner une plus grande hauteur à la colonne ascensionnelle et l'on obtient une plus grande vitesse de l'eau en mouvement.

Nous avons fait sur des chaudières de ce système des essais des plus intéressants.

A l'Exposition de 1900, nous avons fait fonctionner à la force motrice une chaudière semi-tubulaire de 37,50 *m* de surface de chauffe, pour faire la démonstration publique des résultats obtenus, et M. Compère, Ingénieur-Directeur de l'Association Parisienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur, a fait mention, dans la séance du 18 janvier 1901, des essais de vaporisation faits sur cette chaudière, et dont nous donnons ci-après les résultats complets.

Ces deux essais ont été faits en marche industrielle de plus de sept heures chacun, comprenant deux décrassages de la grille, et ils ont donné des vaporisations de 22,09 et 27,47 *kg* par mètre carré de surface de chauffe pour une chaudière qui ne vaporise que 12 *kg* environ par mètre dans les mêmes conditions économiques.

Au dépôt de Lagny de la Compagnie Générale des Omnibus, une chaudière de 90 *m* de surface a donné des vaporisations de 19,120 *kg* et 20,460 *kg* par mètre, tout en vaporisant 9,360 et 9,98 par kilogramme de charbon net.

En septembre 1901, nous avons fait une application de nos appareils dans deux chaudières semi-tubulaires de 150 *m* de surface de chauffe à la Société des Glucoseries et Féculeries de Chalon-sur-Saône, et à la fin de la campagne de fabrication, 1901-1902, il a été constaté qu'on avait réalisé une économie de combustible de 16 0/0, et que les deux chaudières étaient exemptes de dépôts calcaires durs et adhérents.

La campagne de fabrication 1902-1903 a confirmé en tous points ces résultats.

Des essais comparatifs ont été faits dans la Maison Gelis-Didot de Clichy, qui fait partie de l'Association Parisienne des Propriétaires d'Appareils à vapeur, sur une de nos chaudières semi-tubulaires à circulation de 70 *m* de surface, et sur une chaudière du même type, mais sans circulation, de 40 *m* de surface, ces deux chaudières étant alimentées avec la même eau.

La chaudiere à circulation après quatre mois de marche (1 400 heures) ne contenait qu'un peu de boue, alors que l'autre devait être piquée et grattée tous les mois. Cette dernière a été ensuite munie de nos appareils et elle a depuis donné les mêmes résultats que l'autre.

Surface de chauffe, 37m 50. — Surface de grille, 1m1 10. — Rapport, 1/29.

DÉSIGNATIONS	ESSAI	
	EN MARCHE NORMALE	A FORTE CHARGE
Date des essais	4 octobre 1900	9 octobre 1900
Commencement	9 h. 30	9 h. 30
Fin	5 h. 15	5 h. 10
Durée	7 h. 45 465′	7 h. 40 460′
Température moyenne de l'eau d'alimentation	20°	21°
Pression moyenne de la vapeur	11,15 *kg*	11,07 *kg*
Poids d'eau vaporisée pendant les essais	6,420	7 900
— de charbon consommé	814	1 054
— des cendres sèches	62	59
— des mâchefers	44	40
— total des résidus	106 *kg* = 13,02 0/0	99 *kg* = 9,39 0/0
Charbon net consommé pendant les essais	708 *kg*	955 *kg*
Poids d'eau vaporisée par heure	828,360	1 030,38
— — — et par mètre carré de surface de chauffe	**22,09**	**27,47**
— de charbon consommé par heure	105,03	137,48
— — — et par mètre carré de surface de grille	95,48	124,98
Rendement en vapeur, par kilogr. de charbon. Brut	**7,89**	**7,49**
Rendement en vapeur, par kilogr. de charbon. Net	**9,07**	**8,27**
Température des gaz à l'arrière de la chaudière avant le registre	348°	377°
Tirage au même point	7 *mm* faible	11 *mm*
Ouverture du registre	12,5 *cm*	20 *cm*
Heures des décrassages	de 11 h. 20 à 11 h. 26	de 11 h. à 11 h. 07
	de 3 h. 10 à 3 h. 17	de 3 h. à 3 h. 07
Analyses du combustible. Matières volatiles	16,2 0/0	15,3 0/0
Analyses du combustible. Cendres	9 0/0	7,4 0/0

L'eau d'alimentation aux chaudières était mesurée au moyen d'un compteur dont les indications étaient relevées toutes les heures. Le niveau dans la chaudière a été ramené à la même hauteur à la fin de l'essai qu'au commencement.

Le charbon (Douvrain, Pas-de-Calais) était pris sur le tas, de façon à permettre de n'avoir que des morceaux.

Les sacs ont été tarés à la fin des essais pour que leur poids soit déduit.

La pression de la chaudière était relevée de quart d'heure en quart d'heure, ainsi que la température moyenne des gaz à l'arrivée de la chaudière, avant le registre, le tirage au même point, ainsi que l'ouverture correspondante du registre.

Quant aux décrassages, ils ont été effectués avant la fin des essais à des intervalles sensiblement égaux à ceux correspondant à l'allumage du matin et au commencement des essais.

Paris, le 27 octobre 1900.

L'Ingénieur-Directeur
signé : Compère

Suppression des dépôts calcaires durs et adhérents dans les chaudières.

Nous appelons particulièrement l'attention de tous ceux qui s'occupent de chaudières à vapeur, sur ce fait capital que la circulation de l'eau permet de supprimer complètement les dépôts calcaires durs et adhérents qui restent à l'état de boues en suspension dans l'eau, boues que l'on enlève en faisant des extractions en rapport avec la composition de l'eau d'alimentation.

L'eau introduite dans nos chaudières est entraînée par celle en mouvement qui s'y trouve déjà, et lorsque cette eau se vaporise elle abandonne les sels calcaires qu'elle contient en dissolution et qui restent en suspension dans l'eau en mouvement.

La circulation ne s'arrête que lorsqu'il n'y a plus production de vapeur, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a plus assez de feu dans le foyer pour pouvoir faire adhérer aux parois métalliques les boues qui se déposent au fur et à mesure que la vitesse de l'eau se ralentit, et comme ces boues sont reprises et entraînées par l'eau lorsqu'on remet la chaudière en service, elles ne peuvent pas former de dépôts calcaires adhérents, si l'on a la précaution de ne pas les laisser en trop grande quantité dans la chaudière.

Il suffit pour cela de faire des extractions en marche, c'est-à-dire lorsque les boues sont réparties dans l'eau, et de les faire de manière à éviter la sursaturation de l'eau.

Pour cela nous fixons la saturation maximum de l'eau à 5 *g* par litre, et nous déterminons l'importance des extractions qu'il est nécessaire de faire.

Afin de ne dépasser cette saturation dans aucun cas, nous faisons l'analyse de l'eau pour connaître la quantité de sels calcaires contenus dans un litre, et connaissant la vaporisation approximative de la chaudière pendant une journée de marche : dix, onze ou douze heures, nous déterminons le poids total des sels qui seront abandonnés pendant ce temps.

Chaque litre d'eau de la chaudière ne pouvant contenir que 5 *g* de boues, il est facile alors de fixer le volume à extraire de la chaudière, et en le rapportant à la surface du plan d'eau, de déterminer la hauteur correspondante dans le tube de niveau.

On indique alors au chauffeur la hauteur dont il devra faire

baisser le niveau de l'eau pendant l'extraction, pour conserver la chaudière en parfait état de propreté.

Ces extractions sont indispensables pour conserver le rendement économique maximum des chaudières, parce que nous avons constaté que ce rendement diminuait dans les chaudières contenant une trop grande quantité de boues en suspension dans l'eau, ces boues mauvaises conductrices de la chaleur empêchant la bonne transmission des calories émises par le foyer à l'eau de la chaudière, comme les dépôts calcaires adhérents des chaudières sans circulation.

Nous avons constaté ce fait dans quantité d'installations, mais principalement, dans une de 60 *m* de surface, de MM. Siegfried et Cie, au Havre, transformée avec nos appareils, et dont la vaporisation a diminué d'environ 15 0/0 dans un délai de moins d'un mois.

La chaudière représentée figure 1 *(Pl. 53)*, qui a une surface de chauffe de 70 *m*, et qui fonctionne à la Société des Vidanges et Engrais de Versailles, a produit, à la mise en feu, plus de 1 500 *kg* de vapeur, et cette vaporisation a été réduite très rapidement de plus de 10 0/0, par suite de la présence d'une trop grande quantité de boues en suspension dans l'eau.

Visites intérieures.

Nos appareils sont essentiellement démontables et ne gênent en rien les visites et nettoyages des bouilleurs, il suffit en effet de 10 minutes environ pour démonter et remonter les tôleries placées à l'avant des deux bouilleurs, sans même entrer dans ces bouilleurs.

Emplacements des chaudières.

Nos chaudières semi-tubulaires occupent à productions égales les mêmes emplacements que les chaudières multitubulaires et elles présentent sur celles-ci les avantages d'être plus économiques, d'avoir un réservoir d'eau et de vapeur beaucoup plus grand, d'être accessibles facilement dans toutes leurs parties et de n'exiger aucun entretien par suite de la suppression des dépôts calcaires.

Vapeur sèche.

La vapeur arrivant dans le corps supérieur à l'état de globules en suspension dans l'eau, lorsque la colonne ascensionnelle se trouve trop rapprochée de la prise de vapeur de la chaudière, la vapeur se trouve légèrement mouillée, mais nous obvions à cet inconvénient en la faisant passer dans des plaques perforées dont les trous des unes sont en face des pleins des autres.

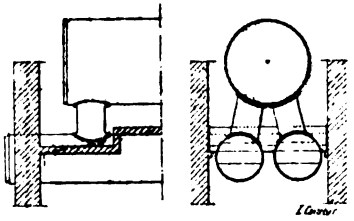
Disposition des foyers.

Nos premiers essais de circulation remontent à 1897, et c'est en suivant nous-même toutes les installations et leur fonctionnement que nous avons pu connaître les conditions qu'il est indispensable de réaliser pour obtenir de bons résultats.

Les dispositions intérieures des chaudières assurent la direction des courants, mais il est une obligation capitale à remplir pour assurer la constance de ces courants et leur permettre d'atteindre les plus grandes vitesses, c'est d'établir le chauffage de la chaudière de manière à ne les gêner et contrarier en rien par des dégagements de vapeur.

Fig. 4

CHAUDIÈRE SEMI-TUBULAIRE
A CIRCULATION INTENSIVE
Blocage avant des bouilleurs



C'est dans ce but que dans les chaudières à bouilleurs nous faisons bloquer l'avant des bouilleurs jusqu'aux premières communications *(fig. 4)*, de manière à empêcher les gaz des foyers de chauffer les parties des bouilleurs placées au-dessus des écrans, afin qu'il ne s'y produise pas de vapeur se dégageant en sens contraire de la descente d'eau du corps supérieur.

Nous pouvons ainsi faire obtenir à l'eau des vitesses en rapport avec les intensités des vaporisations, et il y a dans ces dispositions une des parties les plus importantes de nos brevets.

Chaudières à foyers intérieurs et tubulaires.

Nous avons appliqué à d'autres types de chaudières à corps superposés nos dispositifs de circulation, et nous représentons *(fig. 1, Pl. 53)* une application très intéressante.

FONDERIE
DE
L'ARTILLERIE DE LA MARINE

Fonderie nationale de Ruelle.

Essais d'un générateur Farcot à foyer amovible de 64 m² de surface de chauffe, muni de l'appareil à circulation d'eau système Montupet.

NOTA : L'installation a été faite par la Fonderie sur les plans de M. Montupet.

DATES DES ESSAIS	EAU VAPORISÉE par mètre carré de surface de chauffe et par heure	MOYENNE	EAU VAPORISÉE par kilo de charbon net	MOYENNE	COMBUSTION PAR HEURE et par mètre carré de surface de grille	NOMBRE d'heures de marche	OBSERVATIONS
21 octobre 1901 . .	19,01 *l*	19,05 *l*	8,58 *l*	9,11 *l*	113,09 *kg*	3	Essais effectués après nettoyage intérieur du générateur.
22 octobre 1901 . .	18,89		9,61		100,00	3	La production de vapeur par kilogramme de charbon net ne doit être acceptée que sous réserve, par suite des fluctuations du niveau, notamment lors de l'évacuation de la vapeur à l'air libre.
23 octobre 1901 . .	18,94		9,03		107,00	2	
24 octobre 1901 . .	19,37		8,20		119,60	2	
3 décembre 1901. .	18,27		8,51		109,52	3	Essai effectué après 687 heures de marche.
Essai de puissance de vaporisation d'un générateur Farcot, de même type et de même puissance que le précédent, et non muni de l'appareil de circulation d'eau système Montupet.							
20 décembre 1901 .	12,83 *l*	12,80 *l*	6,64 *l*	6,64 *l*	98,80 *kg*	3	Mêmes observations que ci-dessus, concernant le nettoyage et la quantité d'eau vaporisée par kilogr. de charbon net.
21 décembre 1901 .	12,77		6,64		97,62	3	

Ruelle, le 27 avril 1902.

Le Colonel-Directeur,
Signé : TEILLARD D'ERY.

Cette chaudière de 70 *m* produit plus de 1 500 *kg* de vapeur à l'heure et supprime les dépôts calcaires durs et adhérents ; en voici les dimensions et caractéristiques :

Surface de chauffe des foyers	14,40 m^2
Surface de chauffe des deux corps cylindriques.	17,00 m^2
Surface de chauffe des tubes.	40,50 m^2
Surface totale	71,90 m^2
Surface de la grille.	2,00 m^2
Diamètre des communications	0,400 × 0,560 *m*

La fonderie nationale de Ruelle a fait récemment, suivant nos indications, l'application de la circulation dans une chaudière à foyer inférieur amovible avec faisceau tubulaire (*fig.* 2, *Pl.* 53), et nous donnons ci-dessous les dimensions et les résultats des essais qui nous ont été communiqués :

Surface de chauffe du foyer	7,91 m^2
Surface des tubes	32,89 m^2
Surface extérieure des deux corps	24,85 m^2
Surface totale	65,65 m^2
Surface de la grille.	1,65 m^2
Diamètre des communications et de la colonne ascensionnelle	0,700 *m*

Essais économiques.

Tous les exemples ci-dessus, que nous pourrions étendre, montrent les avantages considérables au point de vue de l'économie, de l'entretien et de la durée qu'on obtient avec la circulation de l'eau dans les chaudières à corps superposés.

Nous donnons ci-dessous les résultats complets des essais faits sur deux chaudières semi-tubulaires de 98 et 70 *m* de surface de chauffe, résultats qui montrent que nos chaudières à marche normale vaporisent environ 16 *kg* d'eau par mètre de surface de chauffe, et 9,07 à 9,09 par kilogramme de briquettes à 8 000 calories, alors que les chaudières semi-tubulaires ordinaires sans circulation et dans les conditions les plus économiques ne vaporisent que 12 *kg* d'eau par mètre de surface de chauffe, et 8,500 *kg* par kilogramme de charbon à 8 000 calories.

Essais de vaporisation sur une chaudière semi-tubulaire à circulation intensive

Livrée à la Société l'« Éclairage Électrique », 27, rue de Rome, à Paris,

et installée dans ses ateliers, 364, rue Lecourbe, à Paris.

Surface de chauffe, 98 m^2. — Surface de grille, 2,25 m^2. — Timbre, 10 *kg*. — Température de l'eau, 17°.

DÉSIGNATION	DATES DES ESSAIS		
	29 MAI 1902	31 MAI 1902	5 JUIN 1902
Natures et provenances de combustible	Charbon tout venant des mines de Liévin 40 0/0 de gros environ	Charbon tout venant des mines de Liévin 50 0/0 de gros environ	Briquettes Vicoigne et Nœux, marque $\frac{VN}{I}$
Pressions moyennes de la vapeur	9,5 *kg*	9,3 *kg*	9,5 *kg*
Durée des essais	4 h. 1/2	4 h. 1/2	4 h. 1/2
Charbon employé par mètre carré de grille	88,40 *kg*	125,33 *kg*	80,30 *kg*
Charbon employé pendant l'essai	895 *kg*	1 269 *kg*	813 *kg*
Escarbilles et mâchefers secs	107 *kg* (12 0/0)	152 *kg* (12 0/0)	90 *kg* (11 0/0)
Charbon net brûlé pendant l'essai	788 *kg*	1 095 *kg*	723 *kg*
Eau vaporisée par heure	1 707 *l*	2 181 *l*	1 639 *l*
Eau vaporisée par mètre carré de surface de chauffe	17,41 *l*	22,26 *l*	16,71 *l*
Eau vaporisée par kilogramme de charbon brut	8,703 *kg*	7,738 *kg*	9,071 *kg*
Eau vaporisée par kilogramme de charbon net	9,748 *kg*	8,963 *kg*	10,20 *kg*

N.-B. — Ces essais ont été faits après 400 heures de marche.

Essais de vaporisation sur une chaudière semi-tubulaire

Livrée à MM. Achille Kahn et Cie à Arpajon (Seine-et-Oise).

Essais suivis par l'Association Parisienne des Propriétaires d'Appareils à vapeur, le 11 juin 1902.

Surface de chauffe, 70 m^2. Surface de grille, 1,94 m^2. Timbre, 7 *kg*.

Pressions moyennes de vapeur	6,4 *kg*
Durée des essais	6 heures
Charbon employé par mètre carré de grille	70,48 *kg*
Charbon employé pendant l'essai	820,50 *kg*
Escarbilles sèches	92,87 *kg* (11,3 0/0)
Charbon net brûlé pendant l'essai	728 *kg*
Eau vaporisée par heure	1 100 *l*
Eau vaporisée par mètre carré de surface de chauffe	15,71 *kg*
Eau vaporisée par kilogramme de charbon brut	8,043 *kg*
Eau vaporisée par kilogramme de charbon net	9,065 *kg*
Température de l'eau d'alimentation	15 degrés
Qualité du charbon : Briquette Vicoigne et Nœux n°3 (Qualité remorqueur).	

Les garanties données étaient :

1° Vaporisation à l'heure : 1 100 *l* d'eau, soit 15,71 *kg* par mètre carré de surface de chauffe ;

2° 8,500 *kg* d'eau vaporisée par kilogramme de charbon brut donnant 8 000 calories et 5 0/0 de cendres.

Le charbon employé dans cet essai a donné au laboratoire, comme teneur en cendres, 8,7 0/0 et comme puissance calorifique (méthode Berthier) (1), 7 075 calories, ce qui, en établissant la proportion, correspond à 9,090 *kg* d'eau vaporisée par kilogramme de charbon brut à 8 000 calories.

Après cet essai de 6 heures, on a voulu se rendre compte de la production de la chaudière, et on l'a soumise à une combustion active pendant 1 heure et demie.

On a brûlé 318 *kg* de charbon, soit 109,27 *kg* par mètre carré de grille et par heure, et on a vaporisé 1 600 *l* d'eau à l'heure, ce qui donne 22,85 *kg* par mètre de surface de chauffe et 7,547 *kg* par kilogramme de charbon, ce qui, en établissant la

(1) Dans ce cas particulier, la puissance calorifique n'a pu être déterminée avec l'obus calorimétrique ; celle trouvée doit être plus faible que celle qui aurait été donnée plus exactement avec l'obus.

proportion, correspond à 8,533 *kg* d'eau vaporisée par kilogramme de charbon brut à 8 000 calories.

L'examen de ces tableaux montre que nos chaudières semi-tubulaires à circulation intensive, vaporisent avec du charbon d'essai à 8 000 calories, plus de 18 *kg* par mètre de surface de chauffe, et plus de 8,500 *kg* d'eau par kilogramme de charbon, alors que les chaudières semi-tubulaires ordinaires ne donnent ce rendement économique maximum de 8,500 *kg* qu'en vaporisant 12 *kg* d'eau par mètre de surface de chauffe.

Puissance de vaporisation.

Nous pouvons donc avec nos appareils, lorsque les dispositions intérieures des chaudières le permettent, c'est-à-dire lorsque les communications ont des dimensions convenables, augmenter leur puissance de vaporisation de plus de 60 0/0, tout en conservant le même rendement économique.

Il nous suffit, dans ce cas, d'augmenter la combustion sur la grille en proportion avec la vaporisation désirée, sans aucune crainte d'accident, parce que la circulation de l'eau est d'autant plus vive que la combustion est plus active, c'est-à-dire qu'il y a plus de bulles de vapeur en suspension dans l'eau, et que la densité du fluide se dégageant par les colonnes ascensionnelles est plus légère.

Nos chaudières à circulation intensive peuvent ainsi, sans aucun danger, être soumises aux combustions les plus vives, et notre chaudière, qui a fonctionné pendant toute l'Exposition, a été soumise à des vaporisations de 35, 45 et 52 *kg* par mètre de surface.

Nous n'avons pu pousser plus loin ces essais, par suite de fissures qui se sont produites dans le fourneau en maçonnerie.

Travail du métal. — Durée des chaudières.

Il nous a été objecté que l'augmentation de production de vapeur résultant de la circulation intensive pouvait provoquer la surchauffe des parties métalliques exposées au feu et réduire et compromettre la durée des chaudières. Or, c'est précisément le contraire qui est vrai.

Lorsque dans une chaudière ordinaire l'eau commence à se vaporiser, les bulles de vapeur qui se forment adhèrent aux pa-

rois métalliques, et pour se dégager elles doivent vaincre la résistance de la colonne d'eau placée au-dessus d'elles. Ces bulles de vapeur doivent donc rester en contact avec le métal jusqu'à ce qu'elles aient acquis une force élastique suffisante pour vaincre la résistance de la colonne d'eau, et comme la vapeur est un corps mauvais conducteur de la chaleur, elles empêchent la transmission des calories du métal à l'eau pendant tout le temps qu'elles restent en contact avec ce métal ; il y a donc pendant ce temps une élévation sensible de sa température.

Dans une chaudière à circulation intensive, les bulles de vapeur sont enlevées par l'eau en mouvement aussitôt leur formation et la tôle se trouve constamment mouillée, de telle sorte que la transmission des calories émises par le foyer à l'eau, se fait d'une manière continue, et qu'il ne peut y avoir d'élévation de la température du métal, même pour des vaporisations assez différentes.

Les faits ci-dessus se remarquent très nettement dans les appareils de démonstration.

Nos chaudières sont installées pour fonctionner avec des combustions de 80 à 110 *kg* par mètre de surface de grille, et, dans ce dernier cas, il ne peut y avoir qu'une élévation de température du métal de 2° environ, malgré une production de vapeur de 40 à 50 0/0 plus grande.

Comme, d'autre part, la circulation donne une égale température à l'eau qui se trouve dans toutes les parties de la chaudière, et qu'elle supprime toutes les dilatations anormales ainsi que les dépôts calcaires durs et adhérents, il est certain que le métal de ces chaudières travaille dans des conditions bien meilleures que dans les chaudières sans circulation.

Chaudières à foyers amovibles demi-fixes.

Nous avons cherché à créer des circulations de l'eau dans d'autres types de chaudières, et les essais que nous avons faits sur une chaudière demi-fixe à foyer intérieur nous ont montré qu'on pouvait obtenir une légère économie de combustible et la suppression d'une grande partie des dépôts calcaires durs et adhérents.

La figure 3 *(Pl. 53)* représente cette chaudière, dans laquelle les dispositifs de circulation forcent l'eau à descendre à l'extérieur du faisceau tubulaire contre l'enveloppe extérieure pour

la faire remonter autour du foyer et au travers du faisceau tubulaire.

La faible hauteur de la colonne ascensionnelle ne permet pas d'augmenter sensiblement la production de vapeur par mètre carré de surface de chauffe en dehors des résultats ci-dessus.

La construction et l'établissement de chaudières de ce système en vue de l'application de la circulation donnerait certainement des résultats importants.

Chaudières verticales à tubes field.

Nous avons cherché à établir une circulation rationnelle dans les tubes field qui se trouvent en très grand nombre dans la petite et la moyenne industrie, et dans ce but nous avons étudié avec des appareils de démonstration en verre, représentés figures 4 et 5 (*Pl. 53*), ce qui se passait dans ces tubes tels qu'ils sont construits ordinairement.

Lorsque la flamme du foyer placé sous le tube est assez longue pour le bien envelopper, la circulation s'établit nettement suivant les flèches de la figure 4, et l'on remarque que l'eau qui descend par le tube intérieur entraîne des bulles de vapeur sortant du tube vaporisateur, ce qui contribue à ralentir la vitesse de descente de l'eau dans ce tube et par suite la circulation.

Lorsque la flamme du foyer agit principalement sous le culot du tube (*fig. 5, Pl. 53*), la vapeur formée en ce point se dégage par le tube central, et la circulation s'établit en sens contraire.

Ces deux faits peuvent se produire dans la marche d'une chaudière d'après les variations et les intensités des combustions, et l'eau en mouvement dans ces tubes ne peut venir lécher et laver d'une manière continue le culot exposé directement au feu, ce qui produit des dépôts calcaires adhérents et la brûlure des tubes.

Nous avons d'abord appliqué nos colonnes ascensionnelles de densité légère aux tubes field, en séparant les deux courants, et nous avons obtenu ainsi de bons résultats, mais la circulation était encore intermittente lorsque la combustion étant trop active, la vapeur produite au fond du tube avait un dégagement assez grand pour arrêter la descente de l'eau par le tube central.

La circulation n'étant pas continue et établie contre les parois des culots des tubes dès le début de la chauffe, les boues dépo-

sées aux arrêts étaient fortement chauffées à la mise en feu et formaient des dépôts calcaires durs et adhérents.

Nous avons supprimé ces inconvénients, et obtenu les résultats les plus complets en plaçant des petits écrans inclinés entre les extrémités des petits tubes et les fonds des tubes bouilleurs, et notre appareil de démonstration représenté figure 6 *(Pl. 53)* nous a montré que le courant descendant se divisait en deux parties suivant les flèches indiquées, et lavait d'une manière ininterrompue très énergique le fond du tube dès le début de la chauffe.

Ainsi établis, nos tubes de circulation intensive donnent des vaporisations considérables très économiques, et ils suppriment complètement les dépôts calcaires.

Les chaudières Field, qui sont construites généralement en France avec des tubes bouilleurs de 60 *mm* de diamètre extérieur vaporisent, en marche normale, avec une combustion de 70 *kg* par mètre de grille-heure, 16 *kg* d'eau par mètre de surface et environ 5,50 *kg* d'eau par kilogramme de charbon brut tout venant ordinaire des mines du Nord.

Nos chaudières à circulation intensive en marche normale vaporisent 25 *kg* d'eau par mètre de surface pour une combustion de 90 à 100 *kg* par mètre de grille-heure, et 6,50 *kg* d'eau par kilogramme de charbon brut.

Nous avons fait de nombreuses applications de nos tubes de circulation dans les tubes field ordinaires, ce qui n'exige aucune préparation spéciale, et nous avons obtenu au minimum, dans les chaudières à marche normale, une économie de 15 0/0 de combustible pour une même production de vapeur ou une augmentation de production de vapeur de 15 0/0 pour la même consommation de charbon.

Lorsque les chaudières sont poussées, l'économie ou l'augmentation de vapeur atteignent de 25 à 30 0/0.

Nous obtenons dans les chaudières field ordinaires par la simple application de nos tubes de circulation et en augmentant la combustion sur la grille, des vaporisations de 35 à 40 *kg* par mètre de surface sans aucun danger, dans les conditions économiques de marche ordinaire, ces vaporisations étant limitées par les diamètres des cheminées.

Des tubes en service depuis près de deux ans n'ont jamais présenté de traces de dépôts calcaires, et nous pouvons affirmer avoir obtenu pour les chandières à tubes field les résultats les

meilleurs et les plus complets, les vaporisations étant toujours en rapport avec les combustions et n'étant limitées que par celles-ci.

Indication du manque d'eau dans les chaudières.

Nous avons soumis à des essais de vaporisation les chaudières field de notre série jusqu'à 40 *ch*, et nous avons constaté dans de nombreux essais que lorsque le niveau de l'eau descend au-dessous de l'orifice de la colonne ascensionnelle de densité légère, il y a une diminution très sensible de la circulation et de la vaporisation, cette circulation s'arrêtant complètement, et laissant les chaudières dans les conditions ordinaires de vaporisation, lorsque la hauteur d'abaissement du plan d'eau au-dessous de l'orifice de la colonne est égale à la hauteur de la charge motrice.

Ces expériences nous ont prouvé que nos appareils de circulation prévenaient d'une manière absolument certaine le manque d'eau dans les chaudières, et pouvaient ainsi éviter les accidents les plus graves.

Circulation de l'eau autour des foyers.

Pour étudier aussi complètement que possible la circulation de l'eau dans les chaudières verticales à tubes field, nous avons construit une chaudière spéciale en deux parties démontables représentées figure 7 (*Pl. 53*), de 10 *m* de surface de chauffe, et nous avons cherché les résultats que pouvait donner l'établissement de la circulation autour du foyer vertical, en divisant en deux parties par un cylindre en tôle mince la couche d'eau qui entoure ce foyer.

Les premiers essais n'ayant pas répondu à ce que nous attendions, nous avons cherché les causes de cet insuccès, et nous avons remarqué qu'il provenait des mauvaises positions de l'enveloppe en tôle mince qui était mal placée autour du foyer en ne laissant pas les mêmes écartements sur tout le pourtour ou bien qui ne descendait pas assez bas.

Nous avons reconnu aussi qu'il était nécessaire, pour cette nouvelle application de la circulation, de donner à la couronne de dégagement de vapeur une section en rapport avec le volume de vapeur produit par le foyer.

Après la mise au point de nos dispositifs, nous avons obtenu les résultats ci-dessous qui montrent les avantages considérables que donne l'établissement de la circulation de l'eau autour des foyers, sans compter la suppression des dépôts calcaires.

La surface de chauffe de 10 *m* se décomposait ainsi :

Surface du foyer.	3,25 m^2
Surface des tubes	6,75 m^2
La surface de grille était de. . . .	0,43 m^2

Les combustions dans le foyer ont été :

40 *kg*	par heure ou	93 *kg*	par mètre carré	de grille
50	—	116	—	—
60	—	140	—	—

et la chaudière fonctionnant sans enveloppe autour du foyer a vaporisé par heure :

205 *kg* 230 *kg* 245 *kg*

soit, par mètre de surface :

20,50 *kg* 23 *kg* 24,50 *kg*

Avec l'enveloppe autour du foyer et circulation de l'eau, les vaporisations aux mêmes combustions ont été de :

230 *kg* 260 *kg* et 290 *kg*

ce qui fait des augmentations totales de :

$$230 - 205 = 25\ kg$$
$$260 - 230 = 30\ kg$$
$$290 - 245 = 45\ kg$$

ou par mètre de surface de chauffe du foyer :

$$\frac{25}{3,25} = 7,69,$$

$$\frac{30}{3,25} = 9,23,$$

$$\frac{45}{3,25} = 12,85,$$

ce qui représente une augmentation de vaporisation variant de 37 à 50 0/0 par mètre de surface de foyer.

Nous aurions désiré faire une installation de ce genre sur une chaudière à très grande production comme une locomotive, mais cela ne nous a pas été possible, malgré les propositions que nous avons faites à plusieurs Compagnies de chemins de fer de prendre à notre compte tous les frais de remplacement d'un foyer.

Les résultats que nous avons obtenus dans tous les autres types nous donnent la certitude qu'on en obtiendra d'aussi importants sur ce type de chaudières, par suite de la suppression de la surchauffe du métal des foyers, des dilatations et contractions anormales excessives auxquelles ces foyers sont soumis et de la suppression des dépôts calcaires durs et adhérents.

Lorsque nous avons commencé à faire connaître les résultats que nous obtenions avec les appareils de circulation que nous installions dans les chaudières, nous avons rencontré l'opposition la plus vive, et nous n'avons pu en faire la démonstration et répondre à nos détracteurs qu'en faisant de nombreuses applications d'essais.

Aujourd'hui ces résultats sont confirmés par de nombreux essais, ne donnant prise à aucune critique, par plus de 300 applications en service dans l'industrie, et par les meilleures références :

4 installations aux usines Husson, Thevignot et Cie de Closmortier.

9 applications dans des chaudières de la Société des anciennes Sucreries de Fives-Lille.

8 applications aux Forges de Sedan, etc., etc.; et par la décision en date du 23 octobre de la Société de Fives-Lille d'être concessionnaire de nos appareils pour les chaudières de sa construction.

Nous avons tenu à vous les exposer complètement, par suite du très grand intérêt qu'ils présentent pour l'Industrie, qui y trouvera des économies importantes à réaliser dans la production de la vapeur, une plus grande durée des chaudières, par suite de la suppression des dépôts calcaires, et la plus entière sécurité.

DEUXIÈME PARTIE

CHAUDIÈRES MULTITUBULAIRES

Tous les constructeurs de chaudières à vapeur, soucieux de se tenir à hauteur des progrès industriels, ont dû, pour conserver leur clientèle, étudier des types de générateurs multitubulaires répondant plus ou moins à des besoins généraux, et pouvant donner les vaporisations les plus grandes et les plus économiques dans des emplacements limités.

Notre maison, qui s'occupait surtout de la construction des différents types de chaudières employés en France, a dû se préoccuper de cette question, et nous avons été amenés ainsi à construire un certain nombre de générateurs répondant à des besoins particuliers, dont l'étude a confirmé la règle observée de tous côtés, que les chaudières à vapeur sont d'autant plus économiques, que l'eau à vaporiser y circule dans des conditions meilleures.

Nous croyons devoir donner les dessins de ces différents types de chaudières, en les accompagnant des observations relatives à leurs avantages particuliers et à leurs résultats économiques, parce qu'ils fournissent des éléments à l'étude de la question que nous examinons et qu'ils donnent des renseignements pouvant être utiles dans bien des cas.

La figure 8 *(Pl. 53)* représente une chaudière multitubulaire à retour de flammes destinée à une voiture automobile, construite en 1883, qui donnait une vaporisation très rapide de l'eau, mais dont le fonctionnement exigeait de ce fait une très grande surveillance dans l'alimentation. L'entretien demandait également les plus grands soins. La circulation était assurée par la hauteur de charge d'eau du réservoir supérieur, mais elle n'était plus certaine au delà d'une vaporisation déterminée, et dans certains cas de vaporisation trop active, l'eau disparaissait des tubes du bas exposés au rayonnement.

Les chaudières représentées figure 9 *(Pl. 53)* se rapprochent beaucoup des types construits depuis longtemps en Amérique et en Angleterre, et elles figuraient à l'Exposition de 1889; elles se distinguent des types originaux par des détails de construction qui avaient pour but d'obtenir un meilleur fonctionnement en

facilitant les dilatations des divers éléments, et la circulation de l'eau dans toutes les parties.

Les collecteurs en fer soudés étaient rectangulaires, ils portaient deux rangs de tubes de 93 × 100 en quinconce, pour mieux utiliser les gaz chauds, et ceux d'avant, par lesquels se dégageaient l'eau et la vapeur, étaient réunis par des tubes de 140 × 150 (représentant largement la section de deux tubes de 93 *mm* de diamètre intérieur) au réservoir supérieur formé par un cylindre longitudinal, et deux réservoirs transversaux perpendiculaires, placés aux extrémités.

Le réservoir transversal avant avait pour but d'assurer un dégagement plus facile de l'eau et de la vapeur venant du faisceau tubulaire, et celui d'arrière de faciliter les retours.

Tous les deux augmentaient les volumes d'eau et de vapeur.

Les collecteurs arrière reposaient sur un décanteur qui communiquait avec le réservoir supérieur par deux gros tubes de 300 *mm* de diamètre, dans lesquels se faisaient les retours d'eau.

L'ensemble présentait une certaine élasticité et devait éviter les fuites dues aux dilatations anormales.

Ces chaudières ont donné leur maximum d'économie avec des vaporisations de 12 à 14 *kg* par mètre de surface de chauffe, et donnaient encore de bons résultats comme construction pour des vaporisations de 16 à 18 *kg* par mètre, mais au-dessus de 20 *kg*, elles ont présenté des fuites dans les joints des tubes qui ne pouvaient se dilater également dans la hauteur des collecteurs.

Ces chaudières étaient en première catégorie et se construisaient jusqu'à 200 *m* de surface de chauffe.

La figure 10 *(Pl. 53)* représente des chaudières en deuxième catégorie avec tolérance, c'est-à-dire dans lesquelles les produits séparés des gros et des petits éléments sont en deuxième catégorie.

Ces chaudières sont ainsi, en réalité, en première catégorie, mais la division admise, par tolérance, par l'Administration, permet de donner satisfaction aux besoins de l'Industrie, en se conformant, toutefois, aux prescriptions assez rigoureuses pour ces cas spéciaux.

Dans ces chaudières, les tubes vaporisateurs ont 80 *mm* de diamètre et 2,60 *m* de longueur et leur inclinaison est de 15 degrés ; les collecteurs sont ondulés, en fonte malléable ou en acier coulé, et ils sont réunis au réservoir supérieur par des tubes mandrinés de 100 *mm* de diamètre.

Pour améliorer le rendement de ces générateurs, qui avaient une surface de vaporisation de 104 *m*, et obtenir de la vapeur sèche, ils ont été munis de sécheurs de vapeur d'une surface relativement très grande : 29 *m*, et d'un réchauffeur d'eau d'alimentation de 14 *m* de surface.

Dans ce dispositif de chaudière comme dans celui de la figure 2, on a tenu à supprimer les tubes de retour d'eau de petits diamètres reliant directement le réservoir d'eau au-dessus des collecteurs arrière, en les remplaçant par des tubes de gros diamètres placés en dehors de l'action directe des gaz chauds, et faciles à démonter et à nettoyer.

Il a été, en effet, constaté à différentes reprises, dans des réparations, que les tubes de retour de 80 à 100 *mm* de diamètre placés dans le passage direct des gaz chauds pouvaient s'obstruer assez rapidement en risquant de provoquer des accidents, et que des tubes de 92 *mm* de diamètre intérieur ne laissaient qu'un passage d'eau de 12 à 15 *mm* de diamètre au plus.

Ces générateurs ont donné de bons résultats pour des combustions ordinaires, mais les dilatations des tubes les plus rapprochés du foyer étant très sensiblement plus grandes que celles des tubes placés dans le haut, ont fait cintrer et fendre les collecteurs en fonte malléable qui ont dû être faits en acier, pouvant mieux se prêter aux dilatations.

Quelques combustions actives ont ainsi présenté des inconvénients, mais on a pu, néanmoins, conserver des vaporisations atteignant 18 à 20 *kg* par mètre de surface, en raison du réchauffeur d'eau d'alimentation et du sécheur de vapeur.

Les générateurs représentés figure 11 *(Pl. 53)* sont à petits éléments, en troisième catégorie avec tolérance, c'est-à-dire que les produits totaux séparés des gros et des petits éléments sont en troisième catégorie. Ils sont établis avec des collecteurs en fer soudés rentrant dans le type ci-dessus, et ils sont munis d'un surchauffeur de vapeur. Ils ont donné toute satisfaction pour des combustions n'ayant jamais dépassé 100 *kg* par mètre de grille.

Ces générateurs sont formés de tubes de 80 *mm* de diamètre extérieur, et ont une surface de chauffe de 70 *m*. Les collecteurs avant sont reliés au réservoir supérieur transversal par des tubes de 100 *mm* de diamètre extérieur, et 92 *mm* de diamètre intérieur.

Tous les générateurs ci-dessus, établis avec des détails de construction assez peu différents, ont donné, comme il a été dit, de bons résultats dans les installations où les vaporisations ont

été inférieures à 20 *kg* par mètre de surface, mais dans quelques applications où cette vaporisation a été dépassée, il s'est produit des cintrages de tubes et des fuites dans les joints des tubes les plus rapprochés du feu.

La pratique a montré que ces fuites venaient des dilatations inégales qui se produisaient dans l'ensemble du faisceau tubulaire soumis à une combustion trop vive, et de l'insuffisance des sections de dégagement d'eau et de vapeur par les tubes reliant les collecteurs d'avant au réservoir supérieur.

Les ennuis provenant de vaporisations actives avec des tubes fixés à leurs deux extrémités dans les collecteurs, nous ont fait chercher un dispositif de tubes pouvant se prêter sans craintes de fuites aux combustions et aux vaporisations les plus vives, et nous avons adopté des tubes à dilatations libres analogues aux tubes field, employés depuis très longtemps dans la construction des chaudières verticales et se trouvant dans le domaine public.

Les premiers générateurs de ce système, représentés figure 12 *(Pl. 53)* ont été établis avec des collecteurs à deux compartiments en acier coulé portant chacun deux rangs de tubes en quinconce fixés par mandrinages dans les cloisons et plaques arrière des collecteurs dont les trous étaient fraisés coniques, pour faciliter les démontages.

Les collecteurs étaient placés au-dessous d'un réservoir d'eau et de vapeur en forme de T, occupant toute la longueur du fourneau.

Les sections des compartiments des collecteurs étaient de :

75 × 140 pour celui avant descente de l'eau, et

130 × 140 pour celui arrière de dégagement d'eau et de vapeur.

Ces compartiments étaient réunis au réservoir supérieur par des tubes de 90 et 100 *mm* de diamètre, avec extrémités mandrinées dans les trous des collecteurs et des réservoirs, et l'ensemble possédait une grande élasticité assurant les libres dilatations de toutes les parties.

Les courants de descente d'eau et de dégagement d'eau et de vapeur étant bien séparés et sans communications par les joints des cloisons, on a obtenu des circulations assez vives pour rejeter dans le réservoir les boues en suspension dans l'eau, et éviter presque complètement les dépôts calcaires.

La vaporisation assurée par cette circulation étant économique,

on a continué les essais dans de nouvelles installations de chaudières établies avec des tubes de 80 et 100 *mm* de diamètres, en perfectionnant les détails de construction.

Les tubes vaporisateurs qui pouvaient se démonter facilement par suite de leur fixation dans les parties coniques ont été modifiés et établis suivant la figure 13 *(Pl. 53)*, avec des bagues soudées tournées coniques faisant joints dans deux trous fraisés aux mêmes cônes.

Le dégagement de vapeur et d'eau se fait dans le compartiment arrière par des trous de grand diamètre percés entre les deux bagues.

Ces tubes ont la plus grande rigidité parce qu'ils sont fixés en deux points, dans la cloison et la plaque arrière, et la pression intérieure de la chaudière les maintient en place et tend à les enfoncer de plus en plus.

Cette disposition importante permet de donner un cône plus prononcé aux deux bagues fixant les tubes dans les collecteurs, ce qui facilite beaucoup les démontages et remontages.

Les tubes peuvent ainsi être démontés et remontés aussi souvent qu'on le veut sans crainte de fuites dans les joints.

La descente d'eau dans les tubes intérieurs se fait par des tubes munis d'entonnoirs à l'avant, pour éviter toute contraction des veines fluides, et ces tubes sont munis extérieurement de petites ailettes en tôle mince qui les maintiennent toujours concentriques dans les tubes vaporisateurs, pour assurer quand même la circulation d'eau, quel que soit l'état de ceux-ci.

La chaudière *(fig. 14, Pl. 53)* a été établie dans le but de loger la plus grande surface de chauffe ou la plus grande puissance possible dans le minimum d'emplacement, et elle se rapporte à une disposition particulière de chaudière à tubes à dilatations libres, formée par deux faisceaux tubulaires inclinés, symétriques, dont les tubes de l'un rentrent dans les espaces vides entre les tubes de l'autre.

Une chaudière de ce système établie avec des tubes de 40 *mm* de diamètre extérieur, ayant une surface de chauffe de 95 *m*, et une surface de grile de 2,30 *m*, n'occupe qu'un emplacement de 2,45 *m* de largeur sur 1,50 *m* de profondeur.

Les essais avec tirage forcé d'un jet de vapeur dans la cheminée, et par un personnel inexpérimenté, ont donné 52 *kg* de vapeur par mètre de surface pour une combustion de 280 *kg* par mètre de grille.

Cette vaporisation est due à l'activité de la circulation de l'eau qui est assurée dans toute la masse, par de très larges sections permettant l'absorbtion des calories données par la combustion de 280 *kg* par mètre de grille-heure.

La vapeur se dégageant des deux réservoirs longitudinaux passe dans un surchauffeur établi également avec des tubes à dilatations libres, ainsi que le montre le dessin, et elle va en sens contraire des gaz chauds.

Ce surchauffeur fait partie intégrante de la chaudière, et les soupapes de sûreté sont placées à la sortie de la vapeur avant le robinet de prise.

Cette disposition a pour but d'assurer la conservation de l'appareil, et d'empêcher la surchauffe du métal des tubes en cas d'arrêt du moteur ou des appareils utilisant la vapeur de la chaudière, la vapeur produite et non utilisée s'échappant par les soupapes après avoir traversé le surchauffeur et enlevé les calories qui pourraient se trouver en excès dans le métal des tubes.

Les deux rangs de tubes du bas de la chaudière sont fixés par mandrinages dans la cloison et la plaque arrière, et dans des trous fraisés coniques pour faciliter les démontages, qui peuvent se faire ainsi dans les meilleures conditions.

Les deux réservoirs supérieurs sont en communication de vapeur par le surchauffeur, et ils sont également en communication d'eau par un tuyau de gros diamètre.

Les tubes sont inclinés à 15 degrés, et bien que leurs rangs ne soient écartés que de 5 *mm*, ils laissent de larges sections de passage aux gaz chauds du foyer (le quart ou le cinquième de la grille).

Le nettoyage des faisceaux tubulaires se fait avec des lances à vapeur par des entretoises creuses et des regards placés sur la façade.

Nous ne croyons pas qu'aucun type de chaudière puisse donner plus de surface de chauffe dans un même espace que celui-ci.

Cette chaudière était destinée aux torpilleurs, mais sur les conseils d'ingénieurs de la marine, hostiles à cette époque aux petits tubes, les essais n'ont pas été continués, et nous avons construit une chaudière marine à gros tubes, avec collecteurs, représentée figure 15 *(Pl. 53)*, qui a été munie d'un réchauffeur d'eau d'alimentation analogue à ceux de la figure 10 *(Pl. 53)*, mais en augmentant la surface dans une très forte proportion, pour obtenir un meilleur rendement.

Les collecteurs sont en fonte malléable, à deux compartiments ayant les sections suivantes :

0,055 × 0,215 pour celui de descente d'eau, et

0,085 × 0,215 pour celui de dégagement de vapeur et d'eau, et ils sont réunis au réservoir transversal par des orifices circulaires de 140 *mm* de diamètre, divisés en deux parties donnant les sections de 0,0059 pour la descente d'eau, et 0,0072 pour le dégagement de vapeur et d'eau.

Les tubes sont établis suivant le dessin *(fig. 16, Pl. 53)*, avec bagues refoulées à la presse hydraulique dans des tubes soudés, et les dégagements de vapeur et d'eau se font par deux larges orifices découpés entre les bagues. Les tampons placés en face des tubes sont vissés dans les faces avant des collecteurs.

Cette chaudière a donné des vaporisations très économiques et les meilleurs résultats pour des combustions inférieures à 110 *kg* par mètre de grille et par heure, mais au-dessus de ce chiffre, il a été constaté des cintrages de tubes.

Nous avons alors cherché à nous rendre compte des causes qui provoquaient ces cintrages dans les chaudières multitubulaires à tubes d'eau.

Pourquoi les tubes se cintrent dans les chaudières multitubulaires.

Lorsque la circulation de l'eau d'une chaudière est suffisamment active pour que les différentes parties chauffées soient constamment mouillées et rafraîchies par l'eau, toutes les calories émises par le foyer et transmises par le métal sont absorbées par l'eau en mouvement, et la température du métal se maintient dans des conditions déterminées, sans pouvoir s'élever, et amener la surchauffe du métal.

Dans ces conditions, on peut exposer les surfaces chauffées aux combustions les plus vives et aux plus grandes vaporisations sans aucune crainte d'accidents, parce que l'élévation de la température du métal au-dessus de celle de l'eau se fait dans des limites restreintes comme il est facile de s'en assurer par le calcul.

Les expériences de Hirsch ont, en effet, montré qu'on pouvait vaporiser beaucoup plus de 100 *kg* de vapeur par mètre de surface de chauffe et par heure, sur des parties exposées à l'action

directe des foyers, et rien ne peut empêcher d'obtenir ces résultats dans les chaudières à vapeur, en les construisant dans des conditions convenables.

Par contre, lorsque pour une cause quelconque les parois soumises à l'action du feu ne sont pas mouillées convenablement par l'eau à vaporiser, que cette eau soit séparée du métal par de la vapeur, des dépôts calcaires ou tout autre corps, la température de ce métal s'élève rapidement, et il est soumis à des dilatations et contractions qui modifient sa texture moléculaire, sa forme et sa résistance.

Les parois métalliques, dans ce cas, ne peuvent être soumises qu'à la combustion maximum dans laquelle toutes les calories émises sont absorbées par l'eau; la combustion et la vaporisation sont limitées, et au delà de cette limite, il y a danger.

C'est pour assurer cette absorption continue des calories émises par les foyers, que dans les différents systèmes de chaudières on cherche à créer des circulations rationnelles de l'eau et de la vapeur dans les éléments vaporisateurs, et les conditions anormales ne se présentent que lorsqu'il y a une gêne dans la circulation par suite d'une production de vapeur trop considérable ou d'une insuffisance d'arrivée d'eau, ou encore d'un isolement du métal par des corps étrangers, dépôts calcaires, matières grasses, etc.

Il est donc de la plus grande importance de donner aux orifices de dégagement de vapeur et d'eau et aux orifices de retour, des sections suffisantes et en rapport avec les productions de vapeur, car on comprend qu'il n'est pas admissible que pour des chaudières à collecteurs, de mêmes orifices puissent convenir indifféremment à des vaporisations de 50, 100, 150, 200, 250 *kg* et plus.

Lorsque, dans un point quelconque du cycle de circulation d'une chaudière, il se produit une gêne ou une obstruction plus ou moins grande dans le dégagement de la vapeur, la vitesse des fluides eau et vapeur en mouvement, se ralentit, et il se produit une réaction dans toutes les parties inférieures à ce point, et comme le foyer continue à émettre un aussi grand nombre de calories qui ne peuvent plus être absorbées comme précédemment, il y a immédiatement une élévation de la température du métal et un commencement de surchauffe.

C'est aux causes que nous venons d'examiner, et aussi aux dépôts calcaires et aux corps étrangers qu'il faut attribuer les

cintrages et brûlures des tubes dans les chaudières multitubulaires à tubes d'eau.

Il est facile de se rendre compte que des tubes d'eau inclinés, dans lesquels il ne peut se produire aucun cantonnnement ou poche de vapeur par suite d'une vive circulation de l'eau, ne se cintrent pas, quels que soient le temps et l'intensité de la chauffe à laquelle on les maintienne, et nous avons fait de nombreux essais à ce sujet; mais il n'en est plus ainsi lorsqu'on vient, par un dispositif quelconque, créer un cantonnement de vapeur à la partie supérieure des tubes.

Les formes, les sens et les intensités des cintrages dépendent de l'importance de ces cantonnements de vapeur ou des surfaces non rafraîchies par l'eau, laissées exposées au feu, et qui sont surchauffées, et il est possible, en examinant des tubes cintrés, de se rendre compte des causes qui ont provoqué ces cintrages en se rappelant les procédés employés dans l'industrie pour cintrer ou redresser des tubes par la chaleur.

Lorsqu'on a, par exemple, à cintrer un tube droit AB, suivant la courbe ACD *(fig. 17, Pl. 53)*, on le place sur un feu de forge d'une assez grande longueur (1 mètre environ) et on dispose le feu pour ne chauffer que la partie inférieure sur le tiers du développement du tube. La partie chauffée ne pouvant s'allonger parce que la partie supérieure non chauffée reste rigide, le métal porté au rouge se refoule sur lui-même de telle sorte qu'en retirant le tube de la forge et le laissant refroidir il se cintre d'une manière très accentuée.

En répétant cette opération plusieurs fois, on obtient les cintres que l'on désire.

C'est de cette manière qu'ont été cintrés les tuyaux en fer de 250 *mm* de diamètre assurant le service des eaux des ascenseurs de la Tour Eiffel.

Lorsque, au contraire, on veut redresser un tube cintré, on chauffe la partie extérieure sur le tiers environ du développement, et on répète cette opération autant de fois qu'il est nécessaire.

Il est facile, d'après cela, de déterminer les causes des cintrages des tubes.

La surchauffe du métal des tubes est provoquée : par la présence des ciels ou poches de vapeur, ou par la présence d'un trop grand volume de vapeur par rapport à l'eau en mouvement, ou par les dépôts calcaires.

Dans le premier cas, les ciels de vapeur isolant les parties supérieures des tubes, alors que les parties inférieures sont rafraîchies par l'eau qui empêche la température de s'élever, il se produit une contraction du métal et un cintrage des tubes avec parties convexes vers le bas, que ces tubes soient à dilatations libres comme les tubes Field inclinés ou fixés à leurs extrémités dans des coffres ou collecteurs.

Lorsque les tubes sont à dilatations libres, leurs extrémités se relèvent plus ou moins d'après l'importance des parties surchauffées, et lorsque les tubes sont fixés à leurs extrémités, les parties surchauffées se refoulent pendant la marche, et, lors des refroidissements, l'effet de la contraction du métal tend à faire sortir les tubes de leurs logements, et à provoquer des fuites.

Dans le second cas, les dépôts calcaires isolent le métal de l'eau, et comme ces dépôts sont toujours plus épais à la partie inférieure des tubes qu'à la partie supérieure, que, de plus, ces parties inférieures sont les plus chauffées, elles se contractent et amènent le cintrage des tubes avec parties convexes vers le haut, que ces tubes soient à dilatations libres ou fixés à leurs extrémités.

Lorsque les tubes sont à dilatations libres, leurs extrémités baissent plus ou moins, d'après l'importance des parties surchauffées ou des dépôts calcaires, et lorsqu'ils sont fixés à leurs extrémités, ils tendent à sortir de leurs points de fixation et à provoquer des fuites.

Lorsque, dans une chaudière, les tubes sont recouverts de dépôts et qu'il s'y forme des cantonnements de vapeur, les cintrages se font suivant celles des causes qui sont dominantes.

Il est donc facile, d'après ces observations, de connaître les causes qui provoquent le cintrage des tubes d'une chaudière.

Nous avons constaté des cintrages de tubes, provoqués par l'emploi d'eau épurée contenant un excès de soude ou de chaux, qui arrive à saturer rapidement l'eau de la chaudière, à élever de plus en plus le degré de vaporisation, et à empêcher la transmission des calories émises par le foyer à l'eau à vaporiser; mais une cause fréquente de cintrage des tubes et de fuites dans les chaudières à tubes d'eau vient de ce que l'on fait fonctionner ces chaudières à des pressions trop faibles.

Il est, en effet, facile de comprendre qu'une chaudière dans laquelle les sections de dégagement d'eau et de vapeur des collecteurs seront suffisantes pour une production horaire de 200 *kg*

de vapeur, par exemple, à la pression de 15 *kg*, pourra avoir ses sections insuffisantes pour le dégagement de l'eau et de la vapeur, si on la fait produire 200 *kg* de vapeur à 7 ou à 5 *kg* par collecteur, productions dans lesquelles la vapeur a des volumes environ deux et trois fois plus grands, et pour lesquels il faudrait des sections de passage deux ou trois fois plus grandes. Dans ce cas, il faut réduire la production de vapeur proportionnellement à la pression pour rester dans les mêmes conditions de fonctionnement.

C'est certainement à cette cause qu'il faut attribuer un assez grand nombre d'accidents, qu'il serait peut-être facile d'éviter en plaçant sur les chaudières un dispositif spécial fonctionnant en cas d'abaissement de la pression au-dessous d'une limite déterminée.

Les cintrages des tubes sont encore provoqués par l'insuffisance des retours d'eau en présence d'une vaporisation trop active, et l'on comprend qu'une chaudière établie pour une combustion déterminée donne de mauvais résultats et présente des dangers lorsqu'elle est soumise à des combustions trop élevées.

Les tubes se déchirent ou se brûlent lorsque les parties surchauffées restent trop longtemps isolées de l'eau et qu'elles sont portées au rouge, ce qui annihile leur résistance sous l'effet de la pression intérieure de la chaudière.

Ces faits se présentent lorsque, la production de vapeur étant trop grande, celle-ci remplit les tubes sans pouvoir se dégager, ou empêche l'eau de rentrer dans les tubes, ou bien encore, lorsque les dépôts calcaires sont assez épais pour laisser rougir le métal.

Il est donc de la plus grande importance de donner à tous les orifices dans lesquels circulent l'eau et la vapeur des sections en rapport avec les combustions auxquelles les chaudières doivent être soumises, et lorsque dans une chaudière on voit des tubes se cintrer sans qu'il y existe de dépôts calcaires, on doit vérifier, par le calcul, toutes les sections de passages des fluides pour trouver et augmenter, à la demande, celles qui sont insuffisantes par rapport aux combustions, ou réduire celles-ci.

Ces précautions sont d'autant plus importantes que les vaporisations varient dans des proportions considérables dans les différentes parties d'une même chaudière suivant les combustions.

On sait, par exemple, que les tubes les plus rapprochés du

feu absorbant les calories rayonnées en plus de celles de convection, produisent une très forte portion de la vapeur totale fournie par les chaudières, mais on ne tient souvent pas compte des différences énormes qui existent dans les calories rayonnées à des combustions différentes et que nous indiquons ci-après :

Chaudières à foyer extérieur.

Combustions . . .	50 *kg*	75 *kg*	100 *kg*	150 *kg*	200 *kg*	250 *kg*	300 *kg*
Calories rayonnées par mètre de grille.	94 600	131 625	162 200	224 550	270 800	321 600	371 600

Nous avons vérifié par le calcul les différentes sections de circulation de l'eau dans les collecteurs pour trouver les causes des cintrages des tubes de la chaudière *(fig. 15, Pl. 53)* avec des combustions supérieures à 110 *kg* et nous avons trouvé que les sections de dégagement de vapeur et d'eau dans le réservoir supérieur étaient insuffisantes.

Avec les formules de Dulong et Petit nous avons déterminé les vaporisations des différents rangs de tubes aux diverses combustions, et nous donnons *(fig. 18, Pl. 53)*, les surfaces des tubes soumises au rayonnement du foyer, ainsi que les courbes indiquant les proportions des vaporisations dans les tubes d'une chaudière à collecteurs de dix-huit rangs de tubes à la combustion de 150 *kg*.

Connaissant la production théorique de vapeur de chaque tube par seconde, le volume de l'espace annulaire libre pour le dégagement des volumes du collecteur recevant ceux de tous les tubes et supposant ce collecteur prolongé avec sa section entière jusqu'au niveau d'eau dans le réservoir d'eau et de vapeur, on a calculé les densités des colonnes d'eau du compartiment avant de descente d'eau, et de vapeur et d'eau du compartiment arrière, pour en déduire la charge, déterminant la vitesse du mélange d'eau et de vapeur dans l'espace annulaire des tubes de chaque rangée.

On a obtenu ainsi les débits eau et vapeur de chaque tube vaporisateur supposé débouchant momentanément seul dans le collecteur, qui ont été appelés « débits provisoires des tubes vaporisateurs ».

En appliquant la charge d'écoulement maxima trouvée, pour déterminer la vitesse de circulation dans le collecteur, on a

trouvé que le total des débits provisoires ne peut s'écouler par la section de raccordement du collecteur au réservoir d'eau et de la vapeur.

La production de vapeur restant constante, le débit total a dû être réduit dans une proportion déterminée par la vitesse de circulation et au détriment du volume d'eau.

En reportant cette réduction dans la même proportion sur tous les débits provisoires, on obtient les volumes définitifs d'eau et de vapeur dans les tubes des différents rangs.

Le total de ces volumes ne peut encore s'écouler dans des conditions normales par la section de raccordement du collecteur au réservoir, et la vapeur, en raison de sa faible densité, peut seule se dégager en entraînant un volume d'eau restreint.

La circulation se trouve ainsi interrompue, les surfaces de chauffe ne sont plus convenablement mouillées et il se produit une surchauffe du métal qui provoque le cintrage des tubes.

Les observations pratiques faites dans la construction des différentes chaudières à collecteurs décrites ci-dessus, et les considérations théoriques qui précèdent, nous ont fait abandonner complètement l'emploi des collecteurs de sections invariables pour toutes les combustions et vaporisations, et adopter d'une manière générale les lames d'eau ou coffres en tôle qui permettent de donner aux sections de descente d'eau et de dégagement de vapeur et d'eau des dimensions en rapport avec les combustions et les vaporisations désirées.

On peut ainsi assurer la circulation continue de l'eau dans les limites des combustions fixées par les proportions des sections des compartiments des lames d'eau et éviter les accidents d'une manière certaine en restant dans ces limites.

On a cependant prétendu que les coffres ou lames d'eau présentaient des dangers en raison de leurs dimensions et que les collecteurs diminuaient les risques provenant de ce mode de construction. Non seulement cette objection n'est pas fondée, mais elle est en contradiction avec les faits et les statistiques.

Les coffres en tôles exigent, en effet, par leurs formes, une construction des plus soignées, et des matériaux de toute première qualité offrant les plus grandes garanties, et ils sont abrités du feu par les tubes du bas, dans les mêmes conditions que les collecteurs.

Ils sont établis, et fonctionnent du reste dans les conditions des lames d'eau des chaudières marines cylindriques et des foyers

locomotives, et pas un seul n'a manqué sur plus de 150 en service depuis plusieurs années.

De plus, lorsqu'un tube vient à fuir ou à se déchirer dans une chaudière à collecteurs, elle se vide entièrement comme celle à lame d'eau, parce que tous les collecteurs sont en communication d'eau par le bas. Il n'y a donc absolument aucun avantage au point de vue de la division des risques.

Les collecteurs de dimensions invariables, fabriqués par des procédés mécaniques, permettent de livrer très rapidement et à bon marché des chaudières multitubulaires, alors que les lames d'eau ou coffres en tôles forgées d'un prix élevé sont longs à construire et élèvent dans une forte proportion les prix de vente des chaudières, mais il est certain que les avantages de fabrication des chaudières avec des collecteurs ne peuvent compenser, à beaucoup près, ceux de fonctionnement, de sécurité, de durée et d'entretien donnés par les lames d'eau.

L'usine de force motrice que nous avions installée à l'Exposition de 1900 comprenait des générateurs du système à lames d'eau, de deux types distincts, pour l'Industrie et pour la Marine, auxquels tous les perfectionnements avaient été apportés.

Le dessin *(fig. 19, Pl. 53)* représente le type industriel, dont la série va de 300 à 3000 *kg* à l'heure, établi avec lame d'eau à deux compartiments donnant des sections de descente d'eau et de dégagement de vapeur et d'eau quatre à cinq fois plus grandes que dans les chaudières à collecteurs, ce qui permet de les soumettre aux combustions les plus élevées.

Ces générateurs sont supportés par des charpentes en fer qui les isolent des maçonneries, et assurent toutes les dilatations.

Ils se construisent généralement avec des tubes de 100 *mm*, pour tous usages, et avec des tubes de 80 et 60 *mm* pour les générateurs en deuxième et troisième catégorie.

Les réservoirs d'eau et de vapeur qui sont placés ordinairement longitudinalement, et ont toute la longueur du massif avec de grands diamètres pour avoir un grand volume d'eau et de vapeur, se placent aussi transversalement suivant les applications.

Les tubes sont ceux représentés figure 13 *(Pl. 53)* et les trous des tampons placés en face des tubes sont découpés dans les faces avant des coffres en tôle par le perçage de trois trous *(fig. 20, Pl. 53)*. Les tampons sont autoclaves, en acier embouti d'une seule pièce, et leurs joints se font avec des rondelles spéciales en

amiante caoutchoutée. Ils offrent les plus grandes facilités de visites, tout en donnant la plus entière sécurité.

Les trous des tampons permettent de munir les tubes intérieurs de circulation de petites ailettes extérieures qui les maintiennent concentriques aux tubes vaporisateurs, lors même que ceux-ci viendraient à se cintrer par suite d'un manque d'eau, ou d'un excès de réactif dans l'eau.

Ainsi qu'il a été dit précédemment, la circulation de l'eau dans les tubes et les compartiments des coffres est suffisante pour rejeter presque tous les dépôts boueux dans le réservoir supérieur, mais cette disposition a été complétée par l'installation d'un décanteur des dépôts calcaires dans ce réservoir.

Ce décanteur est formé par une caisse demi-cylindrique qui occupe presque toute la longueur du réservoir d'eau et de vapeur, et dans laquelle l'eau d'alimentation arrive à l'extrémité arrière pour venir à l'avant se déverser dans la lame d'eau.

Cette eau, dans le trajet qu'elle a à faire, est ainsi portée à la température de la vapeur, et tous les sels calcaires, carbonates et sulfates, sont précipités et se déposent dans le décanteur, d'où on les enlève en faisant extraction.

Ces chaudières vaporisent à marche normale 16 à 17 *kg* par mètre de surface de chauffe, alors que les chaudières *(fig. 9, 10 et 11, Pl. 53)* ne vaporisent que 13 à 14 *kg* par mètre de surface pour une même vaporisation de 8,500 *kg* d'eau par kilogramme de charbon à 8.000 calories.

Ce résultat est dû à l'activité de la circulation qui existe dans la chaudière, et qui se fait toujours dans le même sens, alors que dans les chaudières de la figure 9 *(Pl. 53)*, par exemple, la circulation n'existe que dans les tubes du bas, les tubes des rangs supérieurs servant souvent de retour d'eau à ceux-ci par suite de l'insuffisance des sections de dégagement des collecteurs.

Dans les chaudières de la figure 9 *(Pl. 53)*, le retour d'eau se fait dans les collecteurs par des orifices de 135 *mm* de diamètre, dont la section 0,0143 correspond à deux rangs de neuf tubes de 100 *mm*, donne une section de 0,000790, alors que dans les tubes Field inclinés de 100 *mm*, le retour d'eau est fait par des tubes de 50 *mm* ayant une section de 0,001960, c'est-à-dire deux fois et demie plus grande; le dégagement d'eau et de vapeur se fait également par un orifice de 135 *mm* dans les chaudières *(fig. 9, Pl. 53)* et dans les chaudières à lames d'eau, il est de trois à quatre fois plus grand.

La vaporisation normale de ces chaudières peut, en cas de besoin, être augmentée dans les plus larges limites, et à l'Exposition, où trois chaudières de ce type, de 135 *m* de surface chacune, timbrées à 12 *kg*, étaient en feu, la vaporisation a été poussée à près de 30 *kg* par mètre pendant plusieurs heures, sans aucune fatigue des éléments vaporisateurs.

Cette même vaporisation de 29 à 30 *kg* a été donnée pendant soixante-treize heures par une chaudière (installée dans les chantiers de M. Berlier, au pont de la Concorde pour l'exécution du tunnel sous la Seine), ayant 70 *m* de surface, construite avec des tubes de 80 *mm* de diamètre et 4,30 *m* de longueur, qui n'ont porté aucune trace de ce surmenage prolongé.

Ces chaudières s'installent à la suite de fours à puddler ou à réchauffer, et dans une installation de ce genre, faite aux Forges de Commentry, on vaporise couramment 5 *kg* d'eau par kilogramme de charbon brûlé sur la grille, ce qui est un très beau résultat.

Toutes les chaudières industrielles ont des tubes inclinés à 15 degrés pour faciliter la circulation des fluides, et, par suite, le dégagement de la vapeur.

On a reproché à ces chaudières de laisser les tubes pleins d'eau, lorsqu'on les vide lors d'un arrêt, et on a prétendu que cela présentait des ennuis en obligeant de vider les tubes l'un après l'autre.

Cette obligation est vraie, mais elle présente un très grand avantage au lieu de donner des ennuis.,

On sait, en effet, par des expériences très suivies, et une pratique bien établie actuellement, qu'on évite les dépôts calcaires durs et adhérents dans les chaudières en les vidant à froid plusieurs jours après leur arrêt.

Lorsqu'on vide les chaudières à tubes Field inclinés, il n'y a aucun danger d'ouvrir le cendrier et le registre pour refroidir le faisceau tubulaire, et l'eau qui reste dans les tubes y maintient les sédiments à l'état de boues en évitant leur adhérence contre les parois métalliques.

Le nettoyage se fait alors en passant la brosse dans chaque tube, aussitôt après l'avoir vidé, ce qui évite les dépôts calcaires durs et adhérents, de sorte que l'entretien se fait dans les conditions les plus simples et les meilleures.

Les chaudières industrielles sont construites avec des tubes de 60 et 80 *mm* de diamètre pour celles destinées à être en troi-

sième et deuxième catégorie, et de 100 *mm* pour celles placées en première catégorie.

On peut placer des unités de 1.000 *kg* de vapeur à l'heure en troisième catégorie, et de 2.000 *kg* en deuxième catégorie.

Les surchauffeurs installés dans les chaudières représentées par la figure 10 *(Pl. 53)*, ayant donné de bons résultats, les applications en ont été continuées, et se font dans les générateurs actuels.

Ainsi que le montre la figure 19 *(Pl. 53)*, ces surchauffeurs sont installés de manière à pouvoir être placés entièrement ou en partie dans le parcours des gaz chauds, ou même à en être isolés complètement, afin de pouvoir régler à la demande la température de la surchauffe.

Comme dans la chaudière représentée figure 14 *(Pl. 53)*, le surchauffeur fait partie intégrante de l'appareil, et les soupapes sont placées à la sortie de la vapeur, ainsi que le robinet.

Les chaudières ainsi établies répondent à tout ce que l'on peut désirer des chaudières multitubulaires : vaporisation économique considérable, entière sécurité, et entretien pour ainsi dire nul.

Pour terminer, il nous reste à exposer les données et résultats des chaudières marines qui ont fonctionné à l'Exposition.

Timbre			15 *kg*
Grille	Dimensions		2,05 × 1,88 *m*
	Surface		3,854 *m*
Vaporisateur	Diamètres des tubes		73 × 80 *mm*
	Surface de chauffe	mouillée	109,526 *m*
		non mouillée	119,645 *m*
	Volume d'eau		3294 *l*
	Volume de vapeur		835 *l*
Réchauffeur	Diamètres des tubes		68 × 75 *mm*
	Surface	mouillée	30,031 *m*
		non mouillée	33,444 *m*
	Volume d'eau		547 *l*
Volume d'eau total			3841 *l*
Poids du générateur	sans eau	Vaporisateur	11 960 *kg*
		Réchauffeur	2262 *kg*
		Total	14 222 *kg*
Poids du générateur	avec eau	Vaporisateur	15 254 *kg*
		Réchauffeur	2809 *kg*
		Total	18 063 *kg*

Poids du générateur par mètre carré de surface de chauffe . . .	sans eau .	92,964 *kg*
	avec eau .	118 *kg*
Poids du générateur par mètre carré de surface de grille. . . .	sans eau .	3 685 *kg*
	avec eau .	4 686 *kg*

A la suite d'une demande faite à M. le Ministre de la Marine. il a été procédé, le 27 juin 1901, à un essai de vaporisation par M. Guyot, Ingénieur de la Marine, dont voici les résultats :

Essai du 27 juin 1901.

Durée de l'essai.		4 heures
Nature du combustible . . .		Briquettes de Vicoigne et Noeux
Surface de chauffe	Générateur	119,64 *m*
	Réchauffeur	33,44 *m*
Surface de grille		3,854 *m*
Température moyenne de l'eau d'alimentation.		24 degrés
Température moyenne des gaz de la cheminée.		280 degrés
Pression moyenne de la vapeur		14,750 *kg*
Poids d'eau vaporisée		16 842 *l*
Poids de charbon consommé		1 735 *kg*
Combustion par heure et par mètre carré de surface de grille		110 *kg*
Poids d'eau vaporisée par mètre carré de surface de chauffe du vaporisateur.		36,030 *kg*
Poids d'eau vaporisée par kilogramme de charbon brut.		9,705 *kg*

Cet essai a été suivi du démontage d'un tube et de son remplacement, nécessitant les opérations suivantes :

Extinction du feu;

Vidange complète de la chaudière, d'une capacité intérieure de 4 120 *l* à la pression de 14 *kg*;

Enlèvement du tube à remplacer et mise en place du nouveau tube.

Remplissage d'eau de la chaudière, allumage du feu et mise en pression à 14 *kg*;

Qui a été fait dans 40 minutes.

Des essais semblables de remplacement de tubes ont été faits devant MM. Bertin et Fliche, Directeurs des Constructions Navales, ainsi que devant plusieurs Ingénieurs de la Marine, et des attachés navals de plusieurs pays.

Après l'essai de M. Guyot, les portes de la boîte à fumée ont été plombées, et le lendemain, il a été procédé au démontage de trente-deux tubes les plus rapprochés du feu par un seul ouvrier, travail qui a été fait en une heure vingt minutes, soit deux minutes et demie par tube, durée qui aurait été réduite notablement en mettant deux ouvriers, s'il avait été dit, préalablement, que le temps de démontage était compté.

Ce démontage avait pour but de se rendre compte de l'état des tubes qui avaient été en service près de cinq mois à l'Exposition et avaient été soumis à de nombreux essais. Tous étaient parfaitement droits et dans le meilleur état.

Les tampons de cette chaudière sont emboutis d'une seule pièce et autoclaves, du système avec joints en amiante caoutchoutée.

Les tubes sont mis en place avec l'outillage représenté figure 5, et on les démonte avec celui représenté figure 6, qui

Fig. 5

CHAUDIÈRE MULTITUBULAIRE
A TUBES DÉMONTABLES
Outillage pour mise en place des tubes

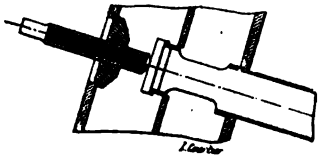
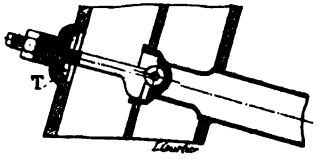


Fig. 6

CHAUDIÈRE MULTITUBULAIRE
A TUBES DÉMONTABLES
Outillage pour démonter les tubes



repose sur l'emploi d'une traverse basculant placée dans une chape que l'on engage dans le tube par le trou du tampon.

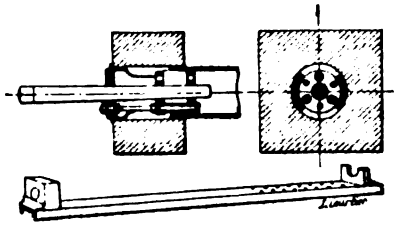
La chape étant engagée en face des deux ouvertures du tube, on la retourne pour faire tomber la traverse, et on serre ensuite l'écrou extérieur sur la traverse T, pour faire sortir les deux bagues du tube de leurs joints.

On retire alors le tube avec un mandrin en bois placé à l'intérieur.

A chaque fois qu'on démonte un tube et qu'on le remet en place, il s'enfonce un peu plus par suite de la compression du métal, et après quelques démontages et remontages, les bagues sont devenues trop faibles pour faire joints dans les trous des plaques. On remet alors les tubes à l'état neuf avec l'outillage employé pour les calibrer *(fig. 7)*.

Les tubes neufs sont, en effet, tournés à la volée, sans aucune précision, un peu plus faibles (de 2 à 4 dixièmes de millimètre) que leurs diamètres définitifs, puis on les place dans un bloc d'acier trempé alésé aux cônes des tubes finis, et on les mandrine légèrement pour faire appliquer les bagues des tubes contre les parois du bloc en acier.

Fig. 7
CHAUDIÈRE MULTITUBULAIRE
A TUBES DÉMONTABLES
Outillage pour calibrer les tubes



Les bagues ont toujours ainsi les mêmes diamètres rigoureux, et sans aucun travail de précision.

Ces tubes peuvent donc être remis ainsi très facilement à l'état neuf, et leur durée est illimitée.

M. Bertin, Directeur des Constructions Navales, qui a bien voulu venir assister aux essais de démontage, s'est rendu compte de la simplicité de cet outillage et des facilités qu'il présente, et l'a décrit en quelques mots très bienveillants dans la dernière édition de son cours de chaudières marines.

Cette chaudière marine assure, d'après son mode de construction, la circulation de l'eau dans les conditions déterminées par les dimensions des deux compartiments de la lame d'eau, et elle peut, ainsi que cela a été expliqué, être établie pour répondre à toutes les vaporisations. Nous avons actuellement en étude des générateurs, représentés figure 21 *(Pl. 53)*, devant être soumis à des combustions de 175 *kg* en marche normale, et qui sont formés de 21 tubes de 105 *mm* de diamètre et 2,25 *m* de longueur, et 166 tubes de 80 *mm*, inclinés à 15 degrés, donnant une surface mouillée de 113 m^2.

Le réchauffeur d'eau d'alimentation a une surface de 42 *m*, et le surchauffeur 20 *m* de surface.

Ces générateurs, timbrés à 15 *kg*, doivent produire 5 000 *kg* de vapeur à l'heure, et toutes les proportions des différentes parties, ainsi que toutes les sections intérieures sont établies pour des combustions supérieures à 200 *kg*.

A la suite des essais ci-dessus, nous avons demandé à M. le Ministre de la Marine, de vouloir bien faire soumettre notre chaudière à des essais comparatifs, à nos frais, risques et périls, avec les chaudières actuellement en service, et nous avons dû

confirmer, par lettre recommandée, cette demande, à laquelle il a été répondu qu'elle était soumise à l'examen d'une commission spéciale chargée de statuer sur les propositions du même genre dont le Ministre notifierait les conclusions dès qu'elles lui seraient transmises. Nous attendons toujours cette notification.

Nous savons parfaitement que M. le Ministre de la Marine ne peut pas déférer sans examen à toutes les demandes des inventeurs et constructeurs, demandes qui, paraît-il, sont très nombreuses, mais nous demandons si, en considération de l'intérêt de la défense nationale, il n'y aurait pas lieu de prendre des décisions plus rapides, afin de permettre d'obtenir les plus utiles indications pour l'étude de la question des chaudières.

Les avis sont très partagés, actuellement, entre les chaudières à petits tubes qui peuvent être soumises à des combustions élevées, et les chaudières à gros tubes qui ne peuvent supporter, dit-on, que des combustions limitées.

Les chaudières à petits tubes des modèles les plus récents assurent, en effet, une circulation excessivement vive de l'eau qu'elles contiennent par suite des dégagements faciles d'eau et de vapeur que présentent ces tubes dont les inclinaisons sont très rapides, et elles peuvent être soumises à des combustions très élevées; mais rien n'empêche, comme nous l'avons exposé, de faire des chaudières à gros tubes pour marcher à des combustions au moins équivalentes sinon aussi grandes.

Le mode de construction des chaudières à petits tubes oblige à réduire les dimensions des grilles, alors que celui des chaudières à gros tubes permet d'augmenter très sensiblement ces dimensions et, par suite, de réduire la combustion par mètre de grille pour une même combustion totale par heure.

Pourquoi hésiter à faire faire les essais comparatifs demandés, qui prouveront, nous en sommes convaincus, que les chaudières à gros tubes établies dans des conditions rationnelles, peuvent supporter avec la plus entière sécurité les mêmes combustions que les chaudières à petits tubes, tout en montrant que, comme rapidité de montage, conduite et entretien, elles ne craignent pas la comparaison.

On prétend que les chaudières à petits tubes sont d'une mise en place facile parce qu'elles n'exigent pas de percements de trous de grandes dimensions dans les ponts, mais il y a à compter avec la mise en place et la fixation longue et difficile des mille à douze cents tubes de chacune de ces chaudières.

Les coffres en tôle des chaudières que nous avons décrites, n'exigent que des trous de dimensions restreintes, pour passer dans les ponts, trous que l'on peut même éviter en les faisant passer par ceux des cheminées, et la mise en place d'une de ces chaudières demande 5 à 6 fois moins de temps que pour une chaudière à petits tubes.

En cas d'avarie à un tube Field de 80 ou 100 *mm*, avarie que nous estimons ne pouvoir se présenter même avec des combustions de 200 *kg* par mètre de grille, il suffit de 35 à 40 minutes pour y remédier et mettre la chaudière en état, alors que pour une chaudière à petits tubes, une avarie oblige à la mettre hors de service, la réparation présentant de grandes difficultés, et demandant un temps assez long.

On désire, dit-on, trouver les meilleures chaudières pour nos navires torpilleurs, croiseurs et cuirassés. Pourquoi ne pas faire appel aux constructeurs et inventeurs en leur soumettant un programme des conditions à remplir, vaporisations ou combustions désirées, dans des dimensions fixées, avec des limites de poids à ne pas dépasser pour les vaporisations indiquées.

L'élaboration d'un tel programme exige, évidemment, un certain travail de préparation, mais ne présente, en somme, aucune difficulté, et il n'y a pas d'autre moyen de sortir de la situation actuelle, tout en dégageant entièrement les responsabilités de ceux qui ont entre leurs mains l'avenir et le sort du pays.

APPLICATION DES MOTEURS A PÉTROLE A LA NAVIGATION [1]

PAR

M. A. BOCHET

Pour apprécier ce qu'il est possible d'obtenir de la machine à pétrole judicieusement employée, le mieux est de s'inspirer des exemples et des faits acquis.

Nous nous bornerons aux moteurs consommant du pétrole lourd, pesant au moins 800 *g* par litre, ou du schiste, à l'exclusion de l'essence ou des produits analogues, dont le prix, la très grande difficulté de conservation et les dangers d'emploi, prohibent l'usage pour les cas en question.

Afin de rester dans les limites de l'expérience acquise, nous ne citerons que des machines de faible ou moyenne puissance.

Les moteurs à pétrole ne dépassent pas, aujourd'hui, 200 à 300 *ch*, et encore, pour obtenir ces puissances, a-t-on recours à la réunion de plusieurs cylindres, c'est-à-dire de plusieurs machines complètes sur le même bâti. Mais on peut fort bien envisager la réalisation, dans un avenir prochain, de moteurs plus importants.

Depuis longtemps déjà, les moteurs à pétrole se sont développés à l'étranger, alors qu'en France leur usage a été entravé par les droits qui grèvent le pétrole.

Ce n'est que par suite de sujétions particulières à certaines applications militaires que nous avons été conduits aux ateliers Sautter Harlé et C^ie^, à établir, il y a huit ans, des moteurs à pétrole lourd.

Tout en trouvant bien, dans ces machines, les qualités particulières qui nous les avaient fait rechercher, nous avons constaté qu'elles présentaient des avantages marqués pour nombre de cas, et, en particulier, pour la navigation.

C'est qui nous a amené à construire les machines que nous allons décrire.

La figure 1 de la planche 54 représente un groupe électrogène

(1) Voir planche n° 54.

constitué par un moteur vertical à deux cylindres, actionnant directement, à la vitesse de 350 tours par minute, une dynamo d'une puissance de 16 000 watts.

La mise en marche du moteur se fait au moyen de l'air comprimé accumulé dans un réservoir spécial pendant le fonctionnement de la machine, au moyen d'un petit compresseur conduit par cette dernière.

Le même compresseur peut être actionné à bras pour la mise en marche initiale.

Ce modèle, très employé pour les projecteurs électriques, pourrait faire aussi un bon service sur les navires. Cependant il présente, en ce cas, l'inconvénient de donner lieu à des réactions assez énergiques, qui entraînent des vibrations souvent fort gênantes.

Ces réactions proviennent, d'une part, du déplacement du centre de gravité des pièces en mouvement, et, d'autre part, de la variation des forces motrices et résistantes très importante dans les machines à pétrole.

Lors de l'explosion ou de la combustion du mélange, le piston, chassé en avant, tend à accélérer l'allure du volant, tandis que la réaction contraire qui se produit sur le cylindre tend à entraîner ce dernier et le bâti qui le porte en sens inverse, par un phénomène analogue au recul des bouches à feu. Un effet opposé se produit lors de la compression.

Il est possible d'atténuer ces réactions en multipliant les cylindres et en calant les manivelles correspondantes de manière à équilibrer au mieux les pièces en mouvement ; mais la multiplication des cylindres entraîne des complications qu'il est fort désirable d'éviter dans les cas qui nous occupent.

C'est ce qui nous a conduit à réaliser le type de machine représenté sur les figures 1, 2, 3 et 4.

Ce moteur est du type à un seul cylindre et fonctionne à quatre temps.

Le cylindre comprend deux parties A communiquant directement entre elles ; dans chaque partie se déplace un piston C. Pendant la marche, les deux pistons ont des mouvements égaux et opposés.

La symétrie parfaite de toutes les pièces en mouvement assure la fixité du centre de gravité de la machine et évite complètement les réactions extérieures que provoque le mouvement des divers organes dans les machines ordinaires.

Fig.1

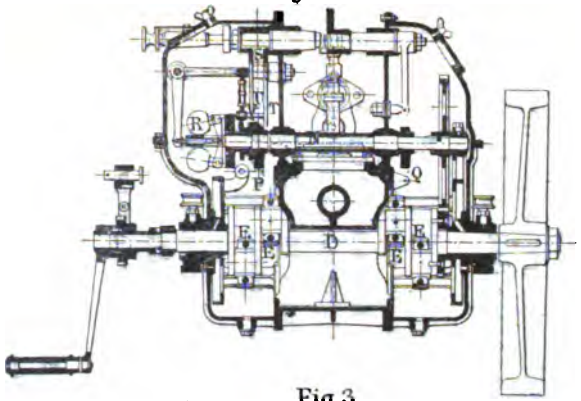


Fig.2

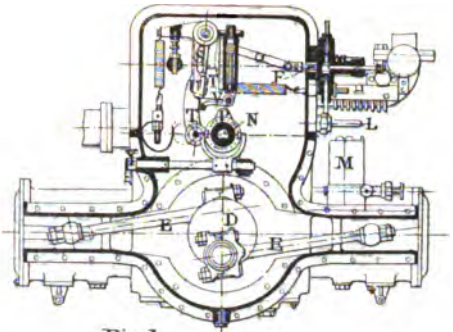


Fig.3.

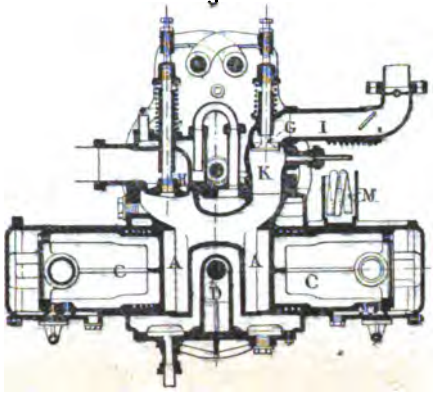
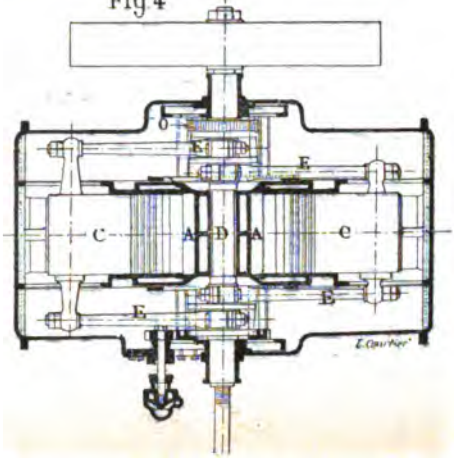


Fig.4



Chaque piston attaque l'arbre D par deux bielles en retour E. Ces bielles, disposées symétriquement sur l'arbre, soumettent ce dernier à des couples de telle sorte que l'arbre ne subit pas de pression sur ses paliers, du fait de la marche de la machine.

Pour supprimer les vibrations que tendent à produire les variations des couples moteurs et résistants, nous avons suspendu la machine sur ses supports au moyen de paliers concentriques à l'arbre. Cette suspension permet donc à l'ensemble de la machine de se déplacer dans le sens des réactions qu'elle subit.

Pour limiter avec douceur ce mouvement, la machine est reliée par ses deux extrémités à ses supports par l'intermédiaire de ressorts agissant également à la traction et à la compression.

On voit donc que le mouvement de rotation de la machine se trouve limité par l'application d'un couple, ce qui évite toute réaction sur les paliers qui la supportent.

Nous avons vérifié très simplement l'efficacité de ce système de suspension sur un châssis de voiture automobile en maintenant, au moyen de cales, le moteur rigidement fixé sur le châssis. Ce dernier, monté sur ses ressorts, et ses roues étaient soumis à de violentes oscillations.

Il était aisé d'enregistrer l'amplitude de ces oscillations en plaçant, sur le bord supérieur du châssis, un crayon dont la pointe était appuyée sur une feuille de papier fixée contre une planche verticale reposant sur le sol.

Le crayon traçait un diagramme en dents de scie dont la hauteur correspondait aux mouvements du châssis.

En répétant les mêmes opérations après avoir enlevé les cales, de façon à laisser jouer librement le système de suspension, le diagramme se présentait sous la forme d'une ligne presque droite, prouvant que les fortes réactions du moteur n'étaient plus transmises au châssis.

La figure 2 *(Pl. 54)* représente des moteurs de ce genre actionnant directement des dynamos. Ce modèle a été appliqué avec succès sur divers navires de guerre pour le service de l'éclairage au mouillage.

Parmi ces applications, nous signalerons celle faite à bord de *l'Infernet*, il y a quelques années, en raison des conséquences qui en sont résultées.

L'Infernet ayant été attaché à la division navale de l'Océan Indien, servit au général Galliéni pour une tournée d'inspection sur les côtes de Madagascar.

Frappe de la légèreté, du faible encombrement et de la facilité d'emploi du petit ensemble électrogène installé à bord de *l'Infernet*, le gouverneur eut la pensée d'utiliser des engins semblables à Tananarive, pour éclairer le palais du Gouvernement.

C'est ainsi que, depuis la fin de l'année dernière, l'électricité a pénétré au cœur de notre colonie malgache, comme le montre la photographie 3 *(Pl. 54)* qui représente la petite station centrale de Tananarive.

Sur cette photographie, on remarque que les volants des groupes électrogènes commandent des courroies disposées presque verticalement.

Ces courroies ont un rôle particulier fort important.

En passant du pont des navires sur les hauteurs de Tananarive, nos moteurs se sont trouvés privés d'un des élements essentiels à leur fonctionnement; il était matériellement impossible de disposer de la quantité d'eau nécessaire à la réfrigération des cylindres.

Nous avons pu remédier à ce grave inconvénient par l'emploi d'aéro-réfrigérants, du système Frédéric Fouché, grâce auxquels la station de Tananarive fonctionne sans la moindre dépense d'eau. Ces appareils sont placés au-dessus des moteurs et actionnés par les courroies visibles sur la photographie.

La figure 4 *(Pl. 54)* représente un petit ensemble de 500 watts, employé sur les navires de guerre pour les signaux de nuit. Ce modèle est aussi utilisé pour la production du courant dans les postes de télégraphie sans fil. Ce sont des machines de ce type qui alimentent les postes établis à la Martinique et à la Guadeloupe par M. le capitaine Ferrié et M. Magne, pour assurer la communication entre ces deux îles par la télégraphie sans fil.

En dehors de la commande des dynamos que nous avons eu le plus souvent à réaliser jusqu'ici, les machines à pétrole s'adaptent très bien à tous les services auxiliaires du bord ; par exemple, comme l'a montré M. Pérard, à la commande des treuils et cabestans.

Afin de faire ressortir l'endurance de ces moteurs, pour des applications semblables, nous mentionnerons une machine de 10 *ch*, du type équilibré, qui actionne, en plein Sahara, à Touggourt, le matériel de sondage installé par la maison Lippmann et C^ie^.

Depuis six mois environ, ce petit moteur fonctionne neuf heures par jour, dans des conditions extrêmement dures.

L'officier distingué qui dirige l'atelier de sondages de Touggourt, M. le lieutenant Rousse, a bien voulu nous faire connaître l'excellent parti qu'il a su tirer du nouveau matériel mis à sa disposition pour accroître, dans des proportions considérables, la rapidité d'exécution des travaux si importants qui lui sont confiés.

Parmi les applications des moteurs à pétrole à bord des navires que nous avons réalisées, l'une des plus intéressantes est celle qui assure l'éclairage électrique du pétrolier à voile, le *Quévilly*.

Ce superbe quatre-mâts, construit à Rouen, a une longueur de 94,30 *m*, une largeur de 13,90 *m* et un creux au maître-couple de 8,10 *m*. Sa jauge brute est de 3 200 *tx* et sa portée en lourd de 3 900 *tx* de pétrole d'une densité de 801 à 803. Les deux grands mâts ont plus de 50 *m* de hauteur au-dessus du pont et sa surface de voilure est de 4 500 m^2.

Les photographies 5 et 6 *(Pl. 54)* donnent une idée du bâtiment et la photographie 7 *(Pl. 54)* montre le moteur à pétrole et la dynamo affectés à l'éclairage.

Cet ensemble peut fournir 3 000 watts sous 120 volts à la vitesse de 280 tours par minute.

Cette machine, sortie des ateliers Sautter Harlé et Cie, en mai 1897, a été mise aussitôt en service.

Après en avoir suivi les essais à la mer, nous n'avions plus eu occasion de nous en occuper, lorsque la préparation de la communication résumée dans ce mémoire nous a conduit à interroger les armateurs du *Quévilly*, MM. Prentout, Leblond et Leroux, sur les résultats obtenus.

Nous ne pouvons mieux faire que de reproduire leur réponse:

« Le navire achevant, au 30 juin 1903, sa sixième année de » navigation entre Rouen et Philadelphie, on peut dire, en déduisant les journées passées dans les ports de chargement et » de déchargement, que l'éclairage a fonctionné d'une façon » régulière pendant 2 000 journées, à raison de 13 heures 1/2 » par nuit moyenne de l'été et de l'hiver, ou, au total, » 27 000 heures.

» Pendant ces 27 000 heures, nous n'avons jamais eu d'avarie » de machine ni de dynamo. L'éclairage est régulier, et malgré » les gros temps que subit le navire dans ses traversées d'hiver » sur les accores de Terre-Neuve, les gros roulis et coups de » tangage brusque n'influent en rien sur la régularité de fonctionnement du moteur à pétrole.

» Comme renseignement, nous avons eu à changer jusqu'à » présent quelques segments de piston, rodage de clapet de la » pompe à eau, changé un pignon de commande du régulateur.

» Il y a un an, nous avons relevé l'arbre manivelle côté volant » qui s'était affaissé de trois dixièmes de millimètre environ.

» Comme impression personnelle, nous pouvons dire que c'est » l'idéal du moteur devant fonctionner seul, c'est-à-dire sans » aucune surveillance.

» Notre mécanicien met en route le moteur vers quatre ou » cinq heures du soir, et, après s'être assuré du graissage, il ne » revient dans la chambre du moteur que pour le stopper, c'est- » à-dire le lendemain matin au lever du soleil. Vu le danger » de la cargaison, il est bon de signaler que jamais nous n'avons » eu le moindre commencement d'incendie ».

Si nous nous permettons de publier ces renseignements, c'est, qu'à notre connaissance, le moteur à pétrole est la seule machine thermique qui permette pareil résultat.

Les armateurs du *Quevilly* veulent bien aussi attribuer aux constructeurs une large part de ce succès, négligeant l'influence très considérable qu'ils y ont eue eux-mêmes, ainsi que leur Ingénieur, M. Gagu.

En effet, contrairement à tous les usages antérieurs, ces messieurs ont consenti, sur nos observations à embarquer un homme spécialement chargé des engins mécaniques du bord, et, en particulier, de la machine à pétrole. Ils ont pris grand soin de s'attacher définitivement ce marin, que nous avions mis au courant, quoiqu'il n'eût pas de préparation antérieure spéciale.

De plus, les armateurs ont pris sans hésitation, toutes les mesures utiles pour rendre le service facile et sûr.

Comme machines de propulsion, les moteurs à pétrole donnent aussi des résultats excellents. M. Pérard a cité des applications très importantes déjà faites à l'étranger, particulièrement au Danemark et en Allemagne.

Nous avons eu occasion de suivre également le développement des machines à pétrole pour la propulsion des bateaux en Suisse, et particulièrement sur le lac de Constance.

Depuis une dizaine d'années déjà l'excellent atelier de constructions mécaniques Saurer à Arbon applique avec plein succès les machines à pétrole à la propulsion des bateaux sur les lacs.

Au début, les bateliers suisses ont employé timidement des

moteurs de 4 *ch* comme auxiliaires de la voilure. Ces moteurs donnaient une vitesse de 5,5 *km* par heure avec un chargement de 55 *t*, et 7 *km* environ à vide.

L'installation de la machine coûtait à peu près 4 500 *f* et la dépense de pétrole, compté à 0,20 *f* le kilo était en moyenne, de 0,32 *f* par heure, soit 0,058 *f* par kilomètre en charge.

Les propriétaires de bateaux qui avaient adopté les premiers des machines à pétrole en tirèrent de tels avantages que leurs concurrents ne tardèrent pas à les imiter, et bientôt tous les anciens bateaux à voile du lac de Constance furent pourvus de moteurs.

La loi d'accroissement du fret avec la rapidité et la régularité des transports, se fit alors sentir et les bateliers n'hésitèrent pas à installer des machines de 6, 8, 12 et 18 *ch*.

Avec 18 *ch*, la vitesse atteint 12 *km* à l'heure avec un chargement de 80 à 90 *t*.

La figure 8 *(Pl. 54)* représente un bateau en acier l'*Elisa* utilisé pour le transport des marchandises que nous avons vu en service au port de Lindau, sur le lac de Constance, en 1896. Il est pourvu d'un moteur vertical à deux cylindres de 12 *ch* et a coûté 30 000 *f*.

Les bateliers du lac de Constance ont dépensé, à l'heure actuelle, plus de 200 000 *f* pour la transformation de leur matériel. Il existe aujourd'hui, sur ce lac, environ 42 bateaux à marchandises, et les transports ont quadruplé depuis l'introduction des moteurs à pétrole.

Sur les autres lacs, l'exemple a été imité dans la proportion des besoins du trafic, et surtout suivant l'esprit de progrès des intéressés.

La figure 9 *(Pl. 54)* représente un cotre de pêche, l'*Olga* attaché au port de Brest.

Ce bateau possède, comme auxiliaire, de la voilure, un moteur équilibré pouvant développer une vingtaine de chevaux.

Le gréément est celui de cotre franc.

Les dimensions principales du bateau sont les suivantes:

Tonnage brut	53 *t*
Longueur sur le pont de bout en bout .	18,50 *m*
Largeur au maître bau	5,50 *m*
Longueur de quille totale.	14,75 *m*
Tirant d'eau.	2,30 *m*

La surface de voilure de 220,25 m^2 se répartit comme suit:

Grande voile	110 m^2
Flèche	41,50 m
Grand foc	40 m
Trinquette	28,75 m

C'est notre collègue, M. Frédéric Fouché qui a fait construire ce bateau en 1896, dans le but de parer aux conséquences désastreuses des variations de la pêche en Bretagne. Il a ainsi cherché, il y a déjà quatre ans, à réaliser le programme si bien mis en lumière par M. Pérard dans sa dernière communication.

Le moteur représenté par les figures 10 et 11 *(Pl. 54)* actionne une hélice à ailes reversibles.

La manœuvre des ailes est commandée par une roue placée à proximité du gouvernail, de telle sorte que l'homme de barre peut manœuvrer entièrement le bateau en en réglant la direction et l'allure, comme on le voit à la figure 12 *(Pl. 54)*.

La mise en marche se fait au moyen de l'air comprimé et l'installation comprend un petit compresseur actionné par le moteur lui-même, ainsi qu'une pompe à bras pour recharger les réservoirs à la mise en train.

La figure 13 *(Pl. 54)* représente un excellent type d'embarcation construit par MM. Claparède frères, les habiles constructeurs d'Argenteuil. Ce bateau est actionné par un de nos moteurs équilibrés de 10 *ch* commandant une hélice à ailes reversibles comme le montre la figure 14 *(Pl. 54)*. Les figures 5 et 6 représentent une petite vedette de mer avec moteur à pétrole équilibré de 35 *ch* actuellement en construction aux Forges et Chantiers de la Méditerranée à la Seyne.

Nous terminerons en citant l'application d'un système de moteur à pétrole qui a justement soulevé le plus vif intérêt dans notre Société, lorsqu'il a paru. Je veux parler du moteur Diesel, dont la consommation par cheval disponible sur l'arbre et par heure descend au-dessous de 200 g.

La figure 15 *(Pl. 54)* représente un moteur de ce type construit dans les ateliers Sautter Harlé et C^{ie}, suivant le système équilibré que je vous ai décrit. Cette machine est employée à la propulsion d'une péniche métallique « *Le Petit Pierre* » d'une longueur de 38,50 m sur 5 m de largeur, avec un tirant d'eau maximum de 1,80 m correspondant à une charge de 260 à 270 t.

Fig. 5. Coupe longitudinale

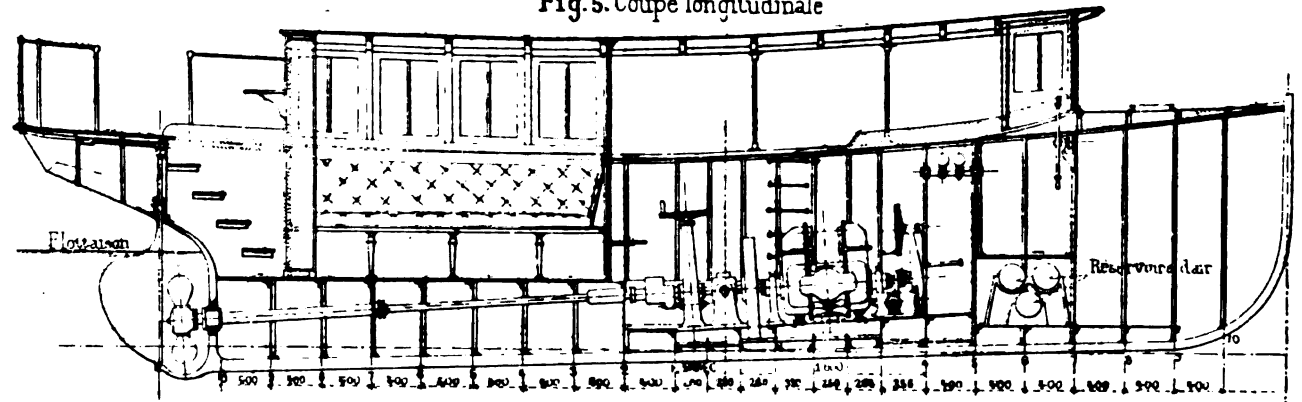
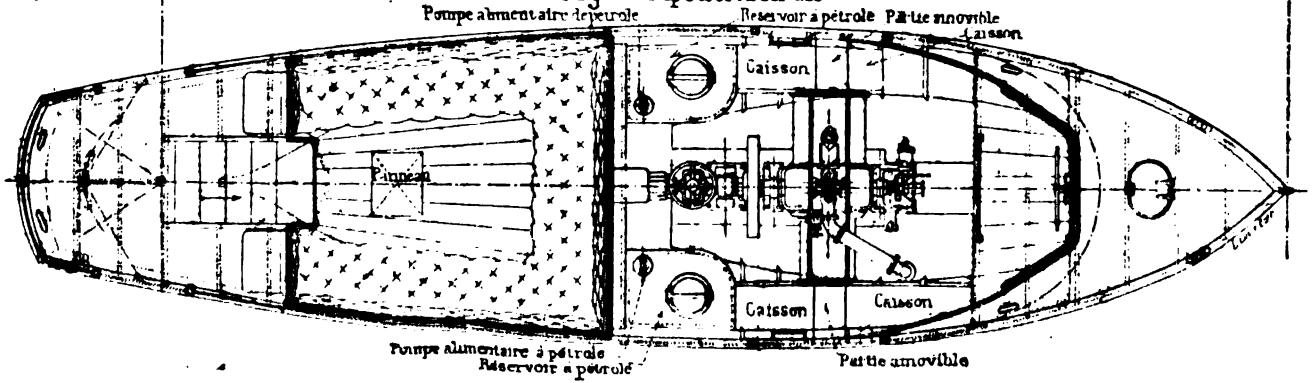


Fig 6. Coupe horizontale



Les photographies 16 et 17 *(Pl. 54)* montrent le bateau et l'installation de la machine.

Nous avons fait cette première application du moteur Diesel à la navigation en collaboration avec M. Dyckhoff, Administrateur de la Société Française des Moteurs Diesel, et de son Ingénieur, M. Bosch..

Les exemples que nous venons de citer prouvent qu'il existe, depuis longtemps déjà, des machines à pétrole capables de satisfaire aux exigences de la navigation.

Les avantages considérables de ces machines ont été démontrés par M. Pérard. Ils ressortent aussi des faits que nous venons de rapporter. Nous n'y insisterons donc pas.

Dans ces conditions, on peut être surpris du développement limité de l'excellente solution offerte pour des problèmes fort importants à résoudre pour la navigation.

Il faut en rechercher la cause dans l'ignorance ou le peu de confiance des intéressés à l'endroit des engins mécaniques en général, et des moteurs à pétrole en particulier.

Il faut aussi tenir compte de l'hésitation de beaucoup d'entre eux devant les efforts nécessaires pour la mise au point une application nouvelle, car il ne faut pas se faire illusion, le succès, en pareil cas, dépend de la collaboration étroite du constructeur et de celui qui utilise les appareils.

Ceux qui ont la pratique de la mer savent combien d'éléments multiples entrent en jeu dans la vie d'un navire. Il faut que l'harmonie de l'ensemble subsiste malgré l'adjonction d'un engin nouveau qui modifie forcément bien des pratiques et des usages.

Nous avons eu occasion de constater l'existence d'un malentendu grave de nature à provoquer des mécomptes et des déceptions..

L'un des principaux avantages justement cités en faveur des moteurs à pétrole est la réduction du personnel nécessaire à leur service, comparé à ce qu'exige la machine à vapeur.

Les règlements maritimes imposent, pour la conduite de ces dernières machines, à bord des bateaux, l'emploi d'un personnel spécial, ayant des titres déterminés et des exigences en rapport avec ces titres.

Ces règlements ne s'appliquent pas aux moteurs à pétrole qui, a ce point de vue, peuvent être confiés à un conducteur quelconque.

C'est ainsi que M. Pérard estime possible de charger deux

marins intelligents de la conduite d'une machine à pétrole, alors que la machine à vapeur de même puissance nécessite la présence d'un mécanicien breveté, d'un second mécanicien et de deux chauffeurs.

Tout cela est parfaitement exact. Mais il convient de s'expliquer sur ce qu'il faut entendre par marin intelligent.

En fait, il faut avoir à bord des hommes parfaitement au courant du réglage du moteur et de tous les détails de construction.

Les machines à pétrole les plus simples et les plus robustes comportent cependant des pistons, des bielles et des coussinets comme les machines à vapeur. On ne peut donc prétendre raisonnablement les confier, pour des campagnes lointaines, à de simples matelots n'ayant aucune pratique de la mécanique.

Le moteur à pétrole fonctionne d'une manière entièrement automatique; il n'exige pas un travail pénible comme la chauffe des machines à vapeur. Le personnel n'a qu'un rôle de surveillance très facile à exercer pendant le fonctionnement, et, par suite, ce personnel peut être très réduit.

Mais ces avantages considérables ne sont assurés qu'autant que la machine est toujours maintenue en bon état d'entretien et que son réglage est fait judicieusement.

Il faut donc un personnel bien au courant. Toutefois, le recrutement et la formation de ce personnel n'offrent, chez nous, aucune difficulté : la marine militaire est une véritable pépinière de bons mécaniciens très aptes à se mettre au courant d'un service tel que celui que nous envisageons.

Mais il importe que les armateurs se rendent bien compte de l'influence de ce personnel sur les résultats à espérer du matériel mécanique, et qu'ils donnent à ce personnel l'autorité et le traitement correspondants à l'importance de ce rôle.

Lorsque les armateurs seront bien pénétrés de cette idée, ils pourront tirer, pour eux-mêmes et pour le personnel qu'ils emploient, un grand profit des moteurs à pétrole, et, pour cela, ils n'ont qu'à suivre l'exemple qui leur a été si bien donné par M^me^ Lemonnier et M. Émile Altazin dont M. Pérard a cité les efforts, ainsi que par MM. Prentout, Leblond et Frédéric Fouché dont nous avons rappelé l'initiative.

VISITE

AUX ATELIERS DE DENAIN

DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CONSTRUCTION MÉCANIQUE

La Société française de Construction Mécanique avait organisé une visite de ses ateliers de Denain et avait invité à y prendre part un certain nombre de personnes appartenant au monde des chemins de fer et de la grande industrie mécanique. On sait que les usines de l'ancienne Société Cail à Grenelle, qui se sont illustrées pendant un demi-siècle en exécutant de beaux travaux pour les chemins de fer et l'industrie, ont été supprimées, en 1897, et transportées à Denain où la Société possédait déjà des ateliers de forges et de vastes terrains placés dans des conditions très favorables au point de vue des communications par rail et par eau et à celui de leur alimentation en houille et en métaux.

Le jeudi 25 juin, un train spécial, composé de quatre voitures à couloir et de deux wagons-restaurants, quittait la gare du Nord à 8 h. 55 m. emportant une centaine d'invités qui devaient être rejoints à destination par une cinquantaine d'autres provenant de Lille, Douai et diverses localités de la région du Nord. Pour éviter toute perte de temps et utiliser entièrement pour la visite des ateliers le délai assez limité que l'horaire des trains réservait au séjour à Denain, la Compagnie française offrait en route un excellent déjeuner à ses invités. Dans le même but, le train était amené à l'arrivée dans l'usine à l'entrée même des ateliers et y attendait les visiteurs pour les ramener. Un programme de la visite avait été préparé et des brochures explicatives et illustrées remises aux invités.

A 1 heure, ceux-ci pénétraient dans l'usine sous la conduite de MM. Le Chatelier, président du Conseil d'administration de la Compagnie française de Construction Mécanique, Bougault, administrateur délégué, Thomas, directeur général, et Guillery, directeur de l'usine de Denain. On commença par les ateliers des ponts et charpentes composés de cinq travées de 120 *m* de lon-

gueur sur 24 *m* de largeur, desservis par dix ponts roulants à manœuvre électrique de 5 à 30 *t* de puissance.

Ces ateliers sont disposés de telle sorte que les tôles, fers plats ou profilés et cornières arrivent directement chargés sur wagons dans la travée centrale et sont travaillés dans les travées latérales, pour les ponts et charpentes d'un côté et pour les chaudières de l'autre. Nous avons vu en œuvre des pièces métalliques destinées à la partie aérienne de la ligne circulaire sud du Métropolitain et à divers ponts en construction.

L'outillage est très puissant et tout a fait moderne : nous avons remarqué, pour les ponts, des cisailles à tôle et à cornières, des poinçonneuses multiples pouvant déboucher jusqu'à quinze trous à la fois, des poinçonneuses à chariot diviseur automatique, des machines à aléser les trous de rivets portatives et à commande électrique d'un modèle spécial à la Société française, des riveuses électriques, hydrauliques et à air comprimé; pour la chaudronnerie, en outre des machines à cisailler et poinçonner, des appareils à chanfreiner et fraiser les plaques de foyers de locomotives, de grandes riveuses hydrauliques pour chaudière desservies par ponts roulants et dont l'une peut admettre des viroles de 4 *m* de diamètre, des outils à air comprimé pour le travail et la pose des entretoises de foyers, etc.

Nous passons rapidement dans les forges qui contiennent une série de marteaux-pilons de toute grandeur; les chaudières qui leur fournissent la vapeur sont chauffées par les gaz des fours.

Les ateliers d'ajustage comprennent trois sections : la première pour la construction des machines à vapeur de puissance moyenne, la seconde pour les pièces du mouvement des locomotives et pour les parties mécaniques des appareils de sucrerie, enfin, la dernière pour les appareils d'évaporation, de diffusion, etc. Ces ateliers sont munis d'outils nombreux et perfectionnés, parmi lesquels les fraiseuses occupent la plus grande place. On nous fait remarquer un atelier spécial réservé à l'exécution de l'outillage mobile, fraises, forets, etc., avec installation pour la trempe des outils; on y fait aussi des pièces mécaniques de haute précision.

Nous devons mentionner également des appareils pour la soudure autogène des tôles par l'acétylène; cette soudure peut opérer jusqu'à une épaisseur de 5 *mm;* on obtient de très bons résultats pour la confection, notamment, de pièces d'enveloppes de chaudière, cylindres, etc.

L'acétylène est en dissolution et contenu sous pression dans des réservoirs portatifs. Sa fabrication est opérée dans un local isolé à quelque distance des autres bâtiments.

Nous pénétrons ensuite dans un vaste atelier de 150 *m* de longueur sur 32 *m* de largeur, de construction toute récente, dont la première partie est affectée au travail des pièces de gros appareils de sucrerie, machines d'extraction, moteurs à gaz de hauts fourneaux, affûts d'artillerie, etc. On y rencontre d'énormes outils, entre autres des tours verticaux, une grande raboteuse sur laquelle on peut dresser simultanément des deux côtés les supports à glissières du foyer des chaudières de locomotives, etc. A la suite vient l'atelier de montage desservi par deux ponts roulants électriques à grande vitesse de 30 *t*; on appelle notre attention sur des dispositifs spéciaux établis en vue de simplifier le montage lorsqu'il s'agit d'unités semblables, permettant le travail sur gabarit, par exemple, les châssis de locomotive. Il y avait justement en montage des châssis de machines en transformation pour la Compagnie des Chemins de fer du Midi. A côté se trouve un petit atelier où on polit et rectifie les pièces mécaniques au moyen de meules dont la poussière est enlevée mécaniquement par aspiration.

Les machines-outils des divers ateliers sont commandées par transmission électrique par une station centrale de production d'énergie. Cette station comprend six chaudières à bouilleurs semi-tubulaires timbrées à 12 *kg* et fournissant la vapeur à deux machines horizontales à distribution Allis-Corliss d'une puissance collective de 1 200 *ch* effectifs. Une de ces machines est à un seul cylindre, l'autre compound avec manivelles à 90 degrés. Il y a deux dynamos, l'une à commande directe, l'autre actionnée par courroie, qui produisent un courant continu au faible voltage de 110 volts qui rend impossible tout accident de personnes et est suffisant en présence des courtes distances de transport. L'eau de condensation provenant des machines est refroidie dans une tour système Balcke.

Nous ne saurions terminer cette rapide et très incomplète revue sans dire un mot, d'une part, des installations hygiéniques, de l'autre, du laboratoire d'essais. Nous citerons, parmi les premières, le chauffage et la ventilation opérés par la circulation dans de grosses conduites parcourant les ateliers d'air chaud ou froid, suivant les saisons, mis en mouvement par des ventilateurs Sturtevant, des vestiaires et lavabos à l'usage

des ouvriers, installés au centre des ateliers, et une importante cité ouvrière de création récente.

Le laboratoire d'essai contient, entre autres appareils, un mouton rotatif, dû à M. Guillery, directeur des ateliers de Denain, destiné à effectuer rapidement les essais de fragilité. C'est un volant dans lequel on accumule, soit mécaniquement, soit à la main, une puissance vive qu'on constate par la simple lecture d'un tachymètre annexé à l'appareil; par une disposition ingénieuse, il suffit de pousser une pièce portant l'éprouvette pour que celle-ci soit frappée par un couteau et rompue par le choc. Cet appareil est d'un volume très restreint et donne des résultats très sensiblement identiques à ceux du mouton de M. Frémont.

La visite terminée, avant de reprendre le train, les hôtes de la Compagnie française de Construction mécanique ont vidé quelques verres de champagne en exprimant aux représentants de celle-ci leur reconnaissance pour leur aimable réception et leur admiration pour les belles installations qu'il leur a été permis de visiter et en souhaitant à la Société le succès que doivent lui assurer l'outillage moderne dont elle dispose et les règles de travail qu'elle a mises en vigueur. Mais l'heure du départ sonnait et il fallut remonter en voiture, pour arriver à Paris à 7 h. 30 m. après un trajet qui nous a paru court, égayé par des conversations dont l'objet principal était la visite que nous venions de faire et aussi par les rafraîchissements que nos amphytrions, hospitaliers jusqu'à la fin, faisaient largement distribuer.

Une trentaine de membres de notre Société ont pris part à cette agréable excursion; nous citerons au hasard de la plume les noms de quelques-uns : MM. Du Bousquet, Salomon, Herdner, Whaley, Pralon, Werth, Malissart, Resimont, G. Richard, Arbel, Godfernaux, Bourdil, Clamens, Steinheil, de Bovet, Carié, Janet, Josse, Marconnet, Ragot, Salmon, Tachard, etc.

A. Mallet.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. Henri PAUR

PAR

M. A. MALLET

Nous nous proposons de rappeler ici, en quelques lignes, la carrière si bien remplie de M. Henri Paur, membre de la Société des Ingénieurs civils de France depuis 1876 et l'un de ses correspondants en Suisse, décédé à Zurich le 1er juin 1903. La perte de cet Ingénieur distingué a été vivement ressentie par tous ceux qui l'ont connu et avaient pu apprécier sa valeur technique et l'aménité de son caractère. Quant à nous, qui étions lié d'amitié avec lui depuis une trentaine d'années, nous lui rendons un dernier témoignage d'affection et de regret en consacrant cette brève notice à sa mémoire.

Henri Paur était né à Zurich, en 1839; il fit ses premières études au gymnase de cette ville, les continua à l'Académie de Lausanne et suivit, de 1857 à 1860, les cours de l'école d'Ingénieurs au Polytechnicum. Il passa ensuite quelque temps dans les bureaux de l'Ingénieur de la ville. Toutefois, en 1862, voulant compléter son éducation technique par un passage dans des milieux différents il se rendit à Paris, où il suivit pendant deux années, comme élève externe, les cours de l'École des Ponts et Chaussées, et termina ce complément d'instruction par un stage pratique, en qualité de conducteur des travaux aux chemins de fer de l'Ouest, à la construction de la ligne de Paris à Granville, et par une série de voyages d'études en France, en Angleterre et en Allemagne.

Rentré dans sa ville natale, notre Collègue s'occupa de divers travaux rentrant dans sa spécialité, études de routes et chemins de fer, projets de ponts, etc.; mais à ce moment se produisit un événement qui décida d'une grande partie de sa carrière en amenant sa liaison, nous pourrions dire sans exagération son identification avec l'Association amicale des Anciens Élèves du Polytechnicum, créée, en 1869, sur le modèle de l'Association

des anciens Élèves de l'École Centrale. Paur fut un des fondateurs de cette Association et en fut immédiatement nommé le secrétaire général, fonctions qu'il remplit sans interruption jusqu'à sa mort, c'est-à-dire pendant trente-quatre ans.

Il occupa ce poste de confiance avec une activité et un dévouement sans bornes, dont les manifestations essentielles sont dans la publication de l'annuaire de l'Association et le service de placement; disons en passant que l'organisation de ce dernier pourrait servir de modèle à plus d'une institution de ce genre. C'est en grande partie au zèle infatigable de Paur et à ses ses démarches actives et intelligentes qu'est dû ce fait qu'on trouve aujourd'hui des anciens élèves de Zurich dans toutes les parties du monde.

Notre Collègue fut, de 1874 à 1878, le rédacteur du journal *Eisenbahn* (le Chemin de Fer) qui servait d'organe à l'Association et à la Société suisse des Ingénieurs et Architectes. Il fut remplacé en 1878, par M. A. Waldner, qui dirige toujours, d'une manière remarquable, le *Schweizerische Bauzeitung* lequel a succédé à l'*Eisenbahn* en 1882, et est aujourd'hui un journal très répandu et très apprécié du monde technique.

Paur fut chargé, en 1883, du contrôle et de la réception du matériel du chemin de fer Athènes-Pirée-Péloponèse. Il acquit rapidement, grâce à des études préalables très approfondies, une expérience considérable dans cette branche intéressante de l'art de l'ingénieur et était devenu une autorité dans la matière; aussi le gouvernement grec l'avait-il choisi comme son représentant pour la surveillance et le contrôle des ponts et du matériel de chemins de fer qu'il faisait faire en Europe.

Nous avions fait entrer notre Collègue à la Société des Ingénieurs civils en 1876, et nous croyons avoir fait œuvre utile ce jour-là. Il s'intéressait à nos travaux et s'y associait même par l'envoi de documents intéressants. Il prenait au sérieux son rôle de correspondant et prépara des visites aux essais à la rupture des ponts de Wohlhusen et de Mumpf, les premières expériences de ce genre qui aient été faites, visites qui, malheureusement, ne tentèrent pas un nombre suffisant de participants. Un projet qu'il caressa jusqu'à sa mort, et dont il nous entretenait tous les ans, était l'organisation d'un voyage de la Société en Suisse. Diverses circonstances n'en ont pas permis, jusqu'ici, la réalisation.

Paur fut frappé, dans son bureau en plein travail, d'une attaque de paralysie, et mourut peu de jours après, malgré les soins

dévoués de son entourage. Ses funérailles ont été l'objet d'une immense manifestation de sympathie ; il était très aimé à Zurich ; il y avait rempli diverses fonctions publiques, comme Conseiller communal et membre du Comité central de l'Exposition nationale de 1883, et consacrait beaucoup de temps à de nombreuses œuvres de bienfaisance. Dans un discours élevé, prononcé aux obsèques, le 3 juin, dans l'église de Saint-Jacques à Aussersihl-Zurich, M. O. Sand, Membre de la Direction générale des Chemins de fer fédéraux et président de l'Association des anciens Élèves du Polytechnicum, a retracé la carrière du défunt et exposé tout ce que lui devait l'Association à laquelle il avait consacré une si grande partie de sa vie.

Nous conserverons le souvenir de H. Paur comme celui d'un technicien distingué, d'un Collègue aimable et obligeant, et d'un ami sûr et dévoué. Nous croyons pouvoir assurer sa famille de la profonde sympathie de notre Société en cette triste circonstance.

CHRONIQUE

N° 282.

SOMMAIRE. — Machines à vapeur économiques. — Les locomotives à l'Exposition de Dusseldorf. — Le rendement en volume d'une pompe à plongeur. — Enduit réfractaire à base de carborundum. — Extraction de l'étain des rognures de fer-blanc (*suite et fin*).

Machines à vapeur économiques. — Les journaux anglais ont rapporté tout récemment des essais faits sur une machine à vapeur de 300 *ch* pour laquelle le cheval indiqué a été obtenu avec une consommation de 9 livres, soit 4,08 *kg* de vapeur par heure.

Cette machine et une autre semblable ont été fournies par Easton et C^ie^, d'Erith, aux ateliers de Brantham de la British Xylonite Cy, près de Manningtree. Ces moteurs actionnent des génératrices à courant triphasé pour distribuer la force dans les ateliers.

Les machines sont du type compound-tandem horizontal à cylindres à double effet avec surchauffe de la vapeur par les appareils Schmidt et réchauffage intermédiaire. Les essais ont été faits par le professeur J. A. Ewing.

La vapeur est fournie sous la pression de 10 *kg* par centimètre carré par une chaudière du type Lancashire, et est surchauffée dans un surchauffeur indépendant du système Schmidt, à la température d'environ 425° C.

La température à l'entrée de la machine est encore de 400° ; mais, avant de passer au cylindre à haute pression, la vapeur donne une surchauffe de tout près de 100° à la vapeur qui traverse le receiver et, par suite, entre aux boites de distribution du premier cylindre à une température d'environ 300°.

Le cylindre à haute pression a quatre soupapes, deux pour l'admission et deux pour l'échappement.

Les premières sont actionnées par un excentrique relié à un régulateur placé dans le volant. Le cylindre à basse pression porte quatre distributeurs Corliss. La condensation s'opère par injection, et la pompe à air verticale est actionnée par la contre-tige du grand piston par l'intermédiaire d'un balancier en équerre. Les cylindres ont, respectivement, 0,382 *m* et 0,610 *m* de diamètre et 0,711 *m* de course, soit un rapport de volumes de 2,75. Le nombre de tours normal est de 140 par minute.

Dans les essais, on a relevé des diagrammes d'indicateur tous les quarts d'heure. On mesurait la dépense d'eau d'alimentation avec des réservoirs jaugés. Pendant l'expérience, il y a eu continuellement une fuite de vapeur à la conduite principale et les soupapes de sûreté ont fréquemment laissé échapper de la vapeur, de sorte que, sans ces incidents, les résultats auraient été encore plus favorables.

On a opéré, les 16 et 17 décembre 1902, de la manière suivante : la

machine a fonctionné à pleine charge pendant 7 heures, à demi-charge pendant 3 heures, aux trois quarts pendant 5 heures et, enfin, sans charge aucune pendant un temps assez court. Dans chaque cas, on laissait marcher la machine quelques instants avant de commencer les relevés. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau ci-joint. On

Puissance indiquée	312	239	175	47
Kilowatts	190	143	97	35
Rapport du travail élect. au trav. indiqué	0,82	0,80	0,74	»
Vapeur par cheval indiqué et par heure	4,26	4,08	4,30	»
Vapeur par kilowatt-heure	6,98	6,80	7,80	»
Pression à la chaudière	9,9	9,9	10	9,8
Temp. de la vap. saturée à cette pression	182,6	182,6	183	181
— à la sortie du surchauffeur	426	426	427	421
Pression à l'entrée de la machine	9,5	9,6	9,8	9,8
Temp. de la vapeur avant le réchauffeur	391	390	405	»
— après le réchauffeur	290	310	319	»
Vide au condenseur	0,692	0,711	0,711	0,736
Nombre de tours par minute	140	140	140	140

voit que les résultats les plus favorables ont été obtenus avec les trois quarts de la charge, bien que pour tous les essais, c'est-à-dire avec toutes les proportions de charge, l'effet utile soit très élevé.

Dans la marche à vide, quelques lampes étaient employées à l'éclairage des locaux des machines et chaudières ; un essai ultérieur fut fait sans excitation de la dynamo, et la puissance indiquée tomba de 47 à 28 *ch*. En tenant compte de la faible consommation de travail de ces lampes dans l'essai à vide, on trouve que le travail indiqué à vide mais avec excitation de la dynamo est de 42 *ch*. La puissance due à l'excitation dans la marche à vide correspondrait ainsi à 14 *ch* indiqués.

On a mesuré pendant toute la durée du premier jour la quantité de combustible mise dans les foyers, et pendant les deux journées, la quantité mise dans le foyer du surchauffeur. La chaudière et le surchauffeur sont destinés à alimenter de vapeur les deux machines, de sorte que, pendant toute la durée des essais, ils ont fonctionné à la moitié de leur capacité. Les foyers étaient chargés à bras d'homme, et il n'existait pas de réchauffeur d'eau d'alimentation. On s'est servi pour la chaudière de charbon d'une capacité calorifique de 6 500 calories, et de charbon inférieur pour le surchauffeur. Chaque kilogramme de combustible brûlé sur les grilles du générateur a donné 8,7 *kg* de vapeur à 10 *kg* de pression avec de l'eau à la température de 24° C. Chaque kilogramme de combustible très médiocre brûlé sur la grille du surchauffeur a surchauffé 21 *kg* de vapeur à la température de 425° C. La quantité totale de combustible employé pour produire 1 *kg* de vapeur surchauffée à 425° est ainsi de 0,157 *kg*. Les 4,08 *kg* de vapeur dépensée par heure et par cheval indiqué correspondent donc en combustible pour la même unité

	PUISSANCE VARIABLE SURCHAUFFE CONSTANTE					PUISSANCE CONSTANTE SURCHAUFFE VARIABLE				
NUMÉROS DES ESSAIS	2	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Pression absolue à l'entrée de la machine. . . .	10,4	10,4	10,5	10,2	10,3	10,2	10,1	10,2	10,3	10,3
Température de la vapeur de la machine. . . .	299,6	305,8	306,4	304,3	304,6	204,3	233,6	263,9	303,1	352,8
Surchauffe de la vapeur	119,1	125,1	125,5	124,4	124,4	24,4	54,3	84,3	122,9	172,7
Puissance indiquée.	314,2	268,8	220,2	167,6	119,4	222,9	223,9	220,3	219,8	215,2
Dépense de vapeur par cheval indiqué	4,86	4,65	4,46	4,34	4,31	5,25	4,99	4,84	4,48	4,02
Calories par cheval indiqué (en partant de 0°). .	3 493	3 355	3 220	3 130	3 108	3 534	3 430	3 397	3 206	2 992

à 0,64 *kg*, ce qui est un résultat économique des plus remarquables pour un moteur développant une puissance de 300 *ch* qu'on ne saurait, aujourd'hui, considérer que comme assez faible.

Les résultats que nous venons de donner sont loin d'être isolés : ainsi nous trouvons dans le Z. V. D. I., du 16 mai dernier, quelques chiffres empruntés à des essais faits en septembre 1902, par le professeur Schröter, à Munich, sur une machine de 250 *ch*, construite par la maison Van den Kerchove, à Gand, et fonctionnant avec de la vapeur surchauffée. C'est une machine compound dont les cylindres ont 0,325 *m* et 0,850 *m* de diamètre avec 0,850 *m* de course. Avec 125 tours par minute, la vitesse moyenne des pistons est de 3,54 *m* par seconde. Le rapport des volumes des cylindres est d'environ 3.

La note à laquelle nous nous référons, donne les résultats de trois séries d'essais, la première sans surchauffe, les deux autres avec surchauffe de la vapeur.

Nous ne donnerons que ces deux dernières, dont l'une est à surchauffe constante et puissance variable, et la seconde avec puissance constante et surchauffe variable.

On voit que, dans la dernière série, la dépense minima de vapeur est presque rigoureusement la même que celle de la machine anglaise : 4,02 *kg* par cheval indiqué au lieu de 4,08 *kg* pour des puissances peu différentes également 215 et 239 *ch*, les pressions initiales de fonctionnement étant aussi presque exactement les mêmes, seulement, dans l'essai de la machine belge, la température de la vapeur surchauffée est un peu plus élevée, 390 degrés au lieu de 353. Les dépenses minima de chaleur par cheval indiqué ressortent respectivement à 2 992 et 3 108 colories ; on voit qu'on peut aujourd'hui, en ce qui concerne la machine seule, obtenir un cheval avec 3 000 calories en nombre rond. Nous pensons que ces brillants résultats de l'association de la surchauffe avec l'expansion multiple viennent à l'appui des conclusions qui terminent notre article sur la locomotive à vapeur surchauffée de la chronique de mai dernier, page 771.

Les locomotives à l'Exposition de Dusseldorf. — Aucune publication française ne s'est occupée, du moins à notre connaissance, des locomotives exposées l'année dernière à Dusseldorf, et cependant il y avait un nombre relativement important de ces machines. En effet, alors qu'en 1900, les constructeurs de l'Allemagne entière avaient envoyé à Paris 14 locomotives, il n'y avait pas, à Dusseldorf, pour les seules provinces du Rhin et de Westphalie, moins de 12 de ces machines exposées par trois maisons de construction, savoir : la Société Hohenzollern, à Dusseldorf-Grafenberg, avec 6, la Société Humboldt, à Kalk, près Cologne, avec 3, et la maison Arn. Jung, à Jungenthal, près Kirchen sur la Sieg, avec 3 machines.

Les locomotives exposées se divisaient, au point de vue de la largeur de la voie, en 8 à voie normale, 3 à voie de 1 *m*, et 1 à voie de 0,60 *m*.

Au point de vue du fonctionnement de la vapeur, on trouvait 10 locomotives à simple expansion, 1 locomotive à simple expansion et vapeur surchauffée et 1 à double expansion. La rareté des machines compound

s'explique suffisamment par le fait que la majorité des locomotives exposées étaient des machines de chemins de fer secondaires, de manœuvres ou d'usines. Nous donnons les dimensions principales des locomotives dans deux tableaux, un pour les machines de la Société Hohenzollern, l'autre pour celles des deux autres constructeurs, et nous nous contenterons de signaler les dispositions caractéristiques des machines exposées.

1. — La première des six locomotives de la Société Hohenzollern était une locomotive à tender séparé, trois essieux accouplés et un essieu porteur à l'avant, à simple expansion et surchauffe de la vapeur destinée à la direction de Cologne des chemins de fer de l'État prussien. Nous avons dit déjà quelques mots de cette machine au point de vue de la surchauffe dans la Chronique de mai, page 768. Nous ajouterons qu'elle est munie du dispositif bien connu de Krauss reliant par un balancier, dans le plan horizontal, l'essieu porteur d'avant et le premier essieu accouplé pour donner simultanément un déplacement radial au premier et un déplacement transversal au second.

La machine est munie de tiroirs cylindriques actionnés par des distributions Walschaerts. Le guidage des tiges de pistons se fait par glissière unique en dessus. Le tender qui accompagne la machine est à trois essieux.

2. — La seconde machine exposée par la même maison est une locomotive-tender à voie normale, destinée aux chemins de fer du Nord de la Frise, en Hollande, et construite d'après les plans de l'Ingénieur en chef Haagsma. Elle est portée sur quatre essieux, dont deux accouplés placés entre les deux autres et très rapprochés pour permettre la circulation dans des courbes de 100 *m* de rayon. Les deux essieux extrêmes ont des boites radiales. Les cylindres sont intérieurs et légèrement inclinés; les tiroirs, logés verticalement entre les cylindres, sont actionnés par des coulisses de Stephenson. Les caisses à eau sont sur les côtés de la machine.

3. — La troisième locomotive est une machine sans foyer, du système Laman et Francq, à deux essieux accouplés. Les cylindres sont intérieurs et la distribution du type Joy. Cette machine est destinée à un service de manœuvres dans les gares. Aucune des publications allemandes qui parlent de cette machine n'en indique les dimensions, sauf le poids; elle appartient, d'ailleurs, à un type bien connu.

4. — La locomotive qui vient ensuite a trois essieux accouplés et est destinée aux mines de Stassfurt: elle porte le nom de « Crefeld ». Elle est à voie normale et doit circuler dans des courbes de 120 *m* de rayon. Les cylindres sont extérieurs et la distribution est du type Walschaerts. Les caisses à eau sont sous la chaudière entre les longerons et découpées pour le passage des essieux. Le foyer est sur l'essieu d'arrière. Le freinage s'opère par six sabots, dont quatre pour l'essieu d'arrière et deux pour l'essieu du milieu.

5. — La cinquième locomotive est pour la voie de 1 *m* et est portée sur trois essieux dont deux accouplés et un porteur avec boites radiales placé sous l'arrière du foyer. Cette machine porte le nom de « Brühl » et est destinée au chemin de fer local de Cologne à Bonn qui présente

Tableau 1.

CONSTRUCTEUR	SOCIÉTÉ HOHENZOLLERN A DUSSELDORF-GRAFENBERG					
Numéros d'ordre	1	2	3	4	5	6
Voie	normale	normale	normale	normale	1,00	1,00
Caractéristique de la machine	CMCP	PMCP	MC	CMC	PMC	MCC
Surface de grille	2,25	1,45	»	1,30	0,86	0,70
Surface de chauffe totale	139,3	84,7	»	88,5	39,6	24,1
Pression à la chaudière	12	12	»	12	14	12
Diamètre des cylindres	520	380	»	430	300	300
Course des pistons	630	560	»	550	450	400
Diamètre des roues accouplées	1,550	1,525	»	1,080	1,000	0,840
Diamètre des roues de support	1,000	1,000	»	»	0,700	»
Écartement des essieux parallèles	4,00	2,00	2,50	3,00	1,75	2,00
Écartement total	6,40	5,80	2,50	3,00	3,50	2,00
Poids de la machine vide	53 300	»	»	»	»	»
Poids de la machine en service	58 600	43 000	22 500	42 000	26 000	21 500
Poids adhérent	45 000	24 000	22 500	42 000	20 000	21 500
Eau dans les caisses	12 500	4 500	»	4 000	3 500	2 500
Charbon dans les soutes	5 000	2 000	»	1 000	»	1 000
Poids du tender plein	34 200	»	»	»	»	»
Poids total machine et tender	92 800	»	»	»	»	»

des courbes de 40 et 50 *m* de rayon. On peut signaler que c'est la seule machine de l'exposition (en dehors de la locomotive sans foyer) qui présente une pression supérieure à 12 atmosphères. Les cylindres sont intérieurs et inclinés, les tiroirs sont en dessus et commandés par des mécanismes Joy. Les caisses à eau sont placées latéralement et aux deux extrémités, à la hauteur des roues et sont reliées par une sorte de caissonnement à deux grandes ouvertures servant à masquer en partie les roues. Il y a un attelage central avec tampon unique et crochet placé au-dessous de celui-ci. Le freinage s'opère par quatre sabots, un pour chaque roue accouplée. La sablière porte de chaque côté de la machine deux tuyaux aboutissant à l'avant et à l'arrière des roues accouplées.

6. — La dernière locomotive de la Société Hohenzollern est une machine à trois essieux, tous accouplés, pour voie de 1 *m*, construite pour le chemin de fer de Pierberg-Rheine, qui présente des courbes de 60 *m* en pleine voie. Elle porte le nom de « Geldern ». Les cylindres sont extérieurs et horizontaux, avec les tiroirs en dessus commandés par des coulisses Allan; l'essieu moteur est à l'arrière; le foyer est en porte-à-faux. Les caisses à eau sont entre les longerons avec des découpures pour le passage des deux essieux d'avant. L'attelage est central, avec crochets aux extrémités d'un balancier horizontal articulé au milieu sur la tige du tampon. Le frein à quatre sabots agissant sur les essieux extrêmes. Il y a deux sablières placées sur la chaudière, une pour chacun des essieux extrêmes.

Nous passons maintenant à l'examen des machines exposées par la Société Humboldt, qui a ajouté, depuis quatre ou cinq ans seulement, la construction des locomotives à celle du matériel de mines et autres pour lesquels elle était surtout connue.

7. — La première locomotive est une machine de manœuvre à deux essieux, tous les deux accouplés. Elle ne présente rien de particulier et est exposée seulement pour montrer la bonne exécution de la fabrique. Elle appartient au type à cylindres extérieurs, et caisses à eau formées par le châssis bien connu et très employé pour locomotives industrielles, créé par Krauss il y a 35 ans, et qui fut fort remarqué et très discuté à sa première apparition à l'exposition de 1867 à Paris. Son auteur l'avait baptisée *locomotive rationnelle* et un mémoire inséré dans le *Bulletin de la Société des anciens Élèves des Écoles d'Arts et Métiers*, année 1868, déclare qu'elleest « un tissu d'erreurs de construction depuis l'avant jusqu'à l'arrière », ce qui n'a pas empêché ce type d'être reproduit à des milliers d'exemplaires. La machine exposée est dite pouvoir exercer un effort de traction de 2670 *kg* à 10 *km* de vitesse à l'heure et remorquer 180 *t* sur rampe de 10 0/00.

8. — Cette machine a trois essieux tous accouplés, c'est une locomotive, tender, à voie normale, destinée aux chemins de fer secondaires de l'Etat Prussien. Elle présente les mêmes dispositions caractéristiques que la précédente et nous croyons inutile d'entrer dans d'autres détails.

Elle peut exercer un effort de traction de 4240 *kg* à la vitesse de 10 *km* et peut remorquer 300 *t* sur rampe de 10 0/00.

9. — La locomotive qui vient ensuite est une locomotive à tender séparé pour voie normale, à trois essieux accouplés et essieu porteur

Tableau 2.

CONSTRUCTEURS	SOCIÉTÉ HUMBOLDT A KALK			ARN. JUNG A KIRCHEN-SUR-SIEG		
Numéros d'ordre	7	8	9	10	11	12
Voie	normale	normale	normale	normale	1,00	0,60
Caractéristique de la machine	MC	MCC	CMCP	CMCP	MCMC	MCC
Surface de grille	0,75	1,35	2,30	1,53	1,20	0,45
Surface de chauffe totale	33,4	60	141,3	111	64,6	18,7
Pression à la chaudière	12	12	12	12	12	12
Diamètre des cylindres	280	350	450	450	285-425	210
Course des pistons	420	550	630	630	500	300
Diamètre des roues accouplées	0,850	1,100	1,350	1,350	1,000	0,600
Diamètre des roues de support	»	»	1,000	1,000	»	»
Écartement des essieux parallèles	2,00	3,00	4,00	3,30	1,40	1,40
Écartement total	2,00	3,00	6,30	6,00	4,60	1,40
Poids de la machine vide	14 100	24 600	42 700	47 200	28 000	7 500
Poids de la machine en service	19 300	32 000	49 000	60 000	36 000	10 000
Poids adhérent	19 300	32 000	»	44 800	36 000	10 000
Eau dans les caisses	2 850	4 000	12 000	7 000	4 200	950
Charbon dans les soutes	800	1 000	5 000	2 000	1 200	500
Poids du tender plein	»	»	33 200	»	»	»
Poids total machine et tender	»	»	82 200	»	»	»

avec boites radiales à l'avant. C'est une machine à marchandises des chemins de fer de l'État Prussien. Les cylindres sont extérieurs et légèrement inclinés, les tiroirs et le mécanisme de distribution qui sont actionnés par des coulisses de Stephenson sont à l'intérieur. Le tender est à trois essieux. Cette machine est dite pouvoir exercer un effort de traction de 6 100 *kg* à 15 *km* et pouvoir remorquer une charge de 425 *t* sur rampe de 10 0/00.

La maison Arn. Jung a exposé les trois machines suivantes :

10. — Une locomotive-tender pour voie normale, à trois essieux accouplés et un essieu porteur à l'avant, pour service de marchandises destinés à la direction d'Altona, des chemins de fer de l'État Prussien. L'essieu porteur d'avant et le premier essieu accouplé sont reliés par le dispositif Krauss, déjà signalé plus haut. Les cylindres sont extérieurs et horizontaux, les tiroirs placés en dessus sont actionnés par des distributions Walschaerts; les caisses à eau latérales à la chaudière sont placées très haut pour dégager le mécanisme.

11. — Une locomotive compound articulée, système Mallet, à voie de 1 *m*, du modèle employé sur le Harzquer und Brockenbahn, où le rayon des courbes descend à 50 *m*. Ce type est trop connu pour qu'il soit nécessaire d'insister à ce sujet. Nous dirons cependant que la locomotive exposée présente la particularité d'avoir le châssis du groupe arrière extérieur aux roues et celui du groupe avant intérieur à celles-ci. Cette disposition qui existait sur les premières locomotives de ce système, construites pour les voies Decauville, se retrouve sur les machines du chemin de fer de Vologda à Arkangel, à voie de 1,067 *m*. On peut, par cet artifice, augmenter la largeur du foyer. La machine est munie du frein à répression de Riggenbach, pour régler la descente sur les pentes et du frein continu à vide. Le freinage s'opère par douze sabots, dont huit sur le train arrière et quatre sur le train avant. La machine est dite pouvoir remorquer une rampe de 33,3 0/00 des charges de 95 *t* à 20 *km*, de 46 *t* à 30 *km* et de 25 *t* à 40 *km* de vitesse à l'heure.

12. — Une locomotive pour voie de 0,60 *m*, à trois essieux tous accouplés, pour service de mines ou usines. Les cylindres sont extérieurs et légèrement inclinés, la distribution est du type Walschaerts; les caisses à eau sont latérales à la chaudière. La machine peut passer dans des courbes de 15 *m* de rayon.

En dehors des machines que nous venons de passer en revue, l'Exposition de Dusseldorf contenait quantité de pièces séparées pour la construction des locomotives, telles que essieux coudés, plaques d'entretoises de châssis en acier coulé, roues, longerons en acier embouti, etc. Nous signalerons aussi une chaudière de locomotive à foyer cylindrique ondulé, de Schulz-Knaudt, de 2,3 m^2 de surface de grille et 139,2 *m* de surface de chauffe, pesant à vide 11 000 *kg* soit, paraît-il, 2 500 *kg* de moins qu'une chaudière ordinaire de même surface de chauffe.

Le rendement en volume dans une pompe à plongeur. — Le professeur J. Goodman a récemment traité devant l'*Institution of Mechanical Engineers*, l'intéressante question du rendement en volume d'une pompe à plongeur.

Plusieurs personnes se figurent encore qu'une pompe est un appareil géométrique et que sa théorie est des plus simples; il n'en est rien et, en pratique, les pompes se comportent tout autrement qu'un appareil idéal et donnent lieu à divers problèmes, dont certains n'ont jamais reçu de solution complètement satisfaisante. L'étude de ces questions n'a pas seulement un intérêt théorique, mais elle a, à divers points de vue, une réelle utilité pour la pratique de la construction.

L'auteur a été conduit à entreprendre une série d'expériences à ce sujet. Il a pu constater que le fonctionnement de l'appareil qu'il a étudié était entièrement modifié lorsque la pompe portait un réservoir d'air au tuyau d'aspiration; la présence d'un tel réservoir prévenait complètement l'apparition des phénomènes qu'il désirait étudier.

La pompe en question était un petit cheval alimentaire du type généralement employé pour le service des générateurs de vapeur. Les principales dimensions étaient : diamètre du piston à vapeur 0,178 *m*, diamètre du plongeur 0,102 *m*, course commune 0,152 *m*, diamètre du tuyau d'aspiration 73 *mm*, diamètre du volant 1,012 *m*, moment d'inertie de la roue en kilogrammètres 165, longueur du tuyau d'aspiration 19,20 et 10,98 *m*, diamètre du tuyau de refoulement 51 *mm*, diamètre des clapets d'aspiration et de refoulement 0,101 *m*, volume du réservoir d'air sur le refoulement, environ 1,68 *l*.

Les expériences ont été conduites de manière à donner quelques éclaircissements sur les points suivants :

1° Quelles sont les relations du coefficient de rendement en volume de la pompe avec :

a) La variation de la pression au refoulement à vitesse constante;

b) La variation de la vitesse avec une pression de refoulement constante;

c) La variation de la longueur du tuyau d'aspiration, toutes choses égales, d'ailleurs;

d) La marche de la pompe avec le clapet d'aspiration supprimé;

2° Quelle est l'influence sur l'ouverture et la fermeture des clapets d'aspiration et de refoulement des diverses conditions de fonctionnement de la pompe;

3° Quelle est la vitesse de marche à laquelle le piston se sépare de l'eau aspirée dans la première partie de la course ascendante, pour revenir en contact avec elle plus loin avec production d'un choc violent dans la conduite d'aspiration;

4° Quelle est la perte de charge due à la résistance de l'eau au passage des clapets de la pompe;

5° Quel est le rendement mécanique de la pompe sous diverses pressions au refoulement.

On appelle rendement en volume d'une pompe le rapport du volume d'eau débité par coup de piston au volume engendré par le piston à chaque coup. Ce rendement est généralement inférieur à l'unité et on attribue la différence qui vient d'être signalée entre les deux volumes à la fuite qui se produit à cause de la non-instantanéité de l'ouverture et de la fermeture des clapets.

Lorsque le rapport des deux volumes est plus grand que l'unité, on

dit que le rendement en volume est négatif; dans ce cas la pompe débite par coup plus d'eau que ne représente le volume déplacé par le piston.

On admet souvent dans les essais de pompes pour le rendement en volume une valeur de 95 0/0, la perte de 5 0/0 représentant les fuites et une petite quantité d'air entraînée avec l'eau. On a quelquefois, comme il vient d'être indiqué, constaté que le volume débité par la pompe était supérieur au volume déplacé par le piston. Bien que ce fait soit encore aujourd'hui admis difficilement par quelques Ingénieurs, il n'est pas contestable.

Il est, en effet, facile de démontrer la réalité de ce fait et, de plus, d'indiquer les conditions dans lesquelles il se produira et la valeur du coefficient de rendement négatif. Par exemple, dans le cas d'une pompe dont le tuyau d'aspiration a le même diamètre que le plongeur, l'eau aura, dans les conditions normales, la même vitesse que celui-ci et ces vitesses varieront dans les mêmes proportions. La masse d'eau présente dans le tuyau d'aspiration peut donc être considérée comme faisant partie de la masse en mouvement et, dès lors, l'aspiration ou pression négative nécessaire au début de la course pour déplacer cette eau, de même que la pression positive qui intervient à la fin de la course pour arrêter le mouvement peuvent être facilement calculées. Si la section du tuyau d'aspiration est moindre que celle du piston, la vitesse dans le tuyau devra être proportionnellement plus grande et les pressions indiquées plus haut devront être majorées dans la proportion des rapports des sections du piston et du tuyau.

Beaucoup d'Ingénieurs ont de la peine à admettre qu'une pompe puisse débiter 5 0/0 de plus que le volume déplacé par le piston. On sera peut-être très étonné d'apprendre que, dans certaines conditions, le rapport des volumes, ou coefficient de rendement en volume peut s'élever, non pas à 105 mais à 150, c'est-à-dire qu'une pompe peut déverser 50 0/0 de plus que le déplacement du piston. Il est bien évident, d'ailleurs, que cette augmentation du rendement en volume n'implique nullement une augmentation du rendement mécanique de la pompe.

Bien que le rendement mécanique soit pour ainsi dire étranger au point de vue spécialement hydraulique, il n'est pas sans intérêt d'indiquer l'influence sur sa valeur de la variation de la pression de refoulement. Les résultats suivants ont été obtenus en relevant simultanément des diagrammes d'indicateurs sur le cylindre à vapeur et sur le corps de la pompe.

Hauteur de refoulement . m	0,71	1,42	2,13	2,84	3,55	4,26	4,97	5,68
Rendement mécanique . . .	0,50	0,60	0,69	0,75	0,79	0,82	0,83	0,84

Les conclusions générales qu'on peut tirer de ces expériences sont les suivantes :

1° Dans une pompe du type qui a servi aux essais, sans réservoir d'air au tuyau d'aspiration, la quantité d'eau débitée dépend de la vitesse du piston, et d'un coefficient de rendement qui est influencé par l'action des clapets et peut, dans les conditions de marche normale, être évalué à 0,94. En dehors de ces conditions, ce coefficient peut varier dans les limites de 0,94 à 1,50:

2° Les coups de bélier dans les tuyaux d'aspiration, lorsque ceux-ci ne sont pas munis de réservoirs d'air, sont très sérieux et beaucoup plus forts que la théorie ne pourrait le faire prévoir. L'expérience indique que ces réservoirs doivent être placés près de la pompe et en ligne directe avec la conduite d'aspiration, et non, comme on le fait souvent, sur un branchement à angle droit avec cette conduite;

3° Les chocs plus ou moins violents qu'on entend souvent dans le tuyau d'aspiration d'une pompe sont dus à la séparation du plongeur d'avec l'eau et à leur rencontre ultérieure.

La séparation momentanée entre le piston d'une pompe à volant et la colonne liquide peut être évitée par les moyens suivants :

a) L'emploi d'un réservoir d'air sur la conduite d'aspiration, réservoir placé près de la pompe;

b) L'emploi d'un tuyau d'aspiration de grand diamètre relatif, réduisant la vitesse d'arrivée de l'eau;

c) La réduction de la longueur de la conduite d'aspiration;

d) La réduction de la vitesse de marche de la pompe.

4° Les clapets d'aspiration et de refoulement des pompes du type qui a servi aux essais ne s'ouvrent et ne se ferment pas aussi simplement et aussi régulièrement qu'on le suppose, à moins que la marche de la pompe ne soit très lente et la hauteur de refoulement assez faible. Les expériences ont fait voir que la vitesse de passage de l'eau à travers ces clapets ne doit pas dépasser 0,60 *m* par seconde.

La question de fonctionnement des pompes à piston et volants à des vitesses considérables a été étudiée très complètement par Riedler, de Berlin, qui a reconnu depuis longtemps que les clapets libres fonctionnent, soit pour l'eau, soit pour l'air, d'une manière assez irrégulière. Cet Ingénieur a construit des pompes à air et à eau avec des clapets dont l'ouverture et la fermeture sont actionnées mécaniquement, et ces pompes peuvent fonctionner sans chocs à des vitesses qu'on ne pourrait obtenir avec les dispositions ordinaires.

Enduit réfractaire à base de carborundum. — Le carborundum a été découvert en 1893, par Acheson, qui l'a obtenu par la fusion, dans l'arc électrique à la température de 3 300° C., d'un mélange de sable et de coke pulvérisé. Le procédé chimique correspond à la formule :

$$SiO_2 + 3C = SiC + 2CO.$$

Le carbure de silicium ainsi produit forme ce qu'on appelle le carborundum, produit infusible qui résiste à tous les acides. Il est, pour la plus grande partie, sous forme d'une poudre fine qui ressemble à du graphite. C'est sous cette forme qu'il peut être appliqué, mélangé à diverses substances, à la confection d'enduits résistants au feu.

On est porté à croire qu'un enduit ne possède que la résistance au feu de son constituant le moins réfractaire, mais on oppose à cette manière de voir qu'une couche extérieure de carborundum protège les parties inférieures moins résistantes; ainsi, des briques couvertes de carborundum ont donné des résultats surprenants. Il semblerait que la protection

de ces briques ne dût pas être une chose facile à réaliser : l'expérience a montré qu'il n'en était rien.

Pour recouvrir de carborundum des briques, des fourneaux, creusets, cornues, etc., d'après la méthode indiquée par le docteur William Engels, on mélange le carborundum en poudre avec une matière liante convenable, on mouille avec de l'eau de manière à pouvoir employer le mélange comme une peinture. On se sert généralement de verre soluble, c'est-à-dire de silicate de soude, à 42° Beaumé, dans la proportion de trois parties de carborundum pour une de verre soluble. Dans les cas où l'enduit peut être exposé au contact de laitiers ou scories basiques, on emploie de l'argile comme matière liante.

De nombreux essais ont fait voir que l'épaisseur de la couche d'enduit n'a pas besoin d'être supérieure à un demi-millimètre, même pour résister aux températures les plus élevées. Avec cette épaisseur, il faut de 1,1 à 1,4 *kg* de carborundum par mètre carré de surface à protéger. Après avoir mis l'enduit, on le laisse sécher pendant vingt-quatre heures, et ensuite on peut le mettre au feu. Pour les briques, on les plonge dans la bouillie de carborundum.

Les usages auxquels cet enduit peut être appliqué utilement sont très nombreux. On peut citer les fours à gaz, les gazogènes, les chambres à air et à gaz des fours à sole et, en général, les cas où l'enduit n'est pas en contact avec l'acier liquide ou les scories. L'enduit de carborundum est également utile pour les fours à fondre au creuset, les fours à souder, à tremper, etc., dans lesquels on cherche à protéger les murs, les voûtes, les autels et même les soles.

On en voyait des exemples très intéressants à l'Exposition de Dusseldorf, où la « Feuerfeste Industrie » exposait un four de soudage, servant à la fabrication des tubes, et dans lequel les briques et matériaux réfractaires étaient protégés par un enduit formé de carborundum et de verre soluble dans la proportion de 3 à 1. La température de ce four soufflé par un ventilateur, a été trouvée dépasser très notablement 2 000° C.

On chauffait ce four, à l'Exposition, tous les jours de 9 heures du matin à 7 heures du soir, et aucune réparation n'a été nécessaire ; au bout de six mois, durée de l'Exposition, le four fut trouvé en aussi bon état qu'au premier jour, malgré la condition très défavorable de l'extinction journalière et du refroidissement qui suivait jusqu'au rallumage du lendemain.

Le procédé Engels doit être recommandé pour les appareils chauffés au coke ou au charbon, tels que fours à vent, à puddler, à souder, à réchauffer, etc., parce qu'il prolongera, dans une large mesure, la durée de ces fours. Divers essais faits par M. Cremer, dans des forges du Yorkshire, indiquent que la couverte en carborundum protège efficacement les briques contre l'action chimique des gaz. Il en est de même pour les fourneaux des générateurs à vapeur, et on sait qu'une matière réfractaire très résistante est de la plus haute importance pour le chauffage au poussier de charbon. Une industrie pour laquelle cette couverte peut être très utile, est celle du gaz. Les usines de Berlin ont employé le carborundum pour le revêtement intérieur et extérieur des cornues à

gaz, de même que pour leurs réparations et en ont obtenu les meilleurs résultats.

D'après M. Cremer, l'enduit de carborundum présente l'avantage d'être très adhérent et de protéger très efficacement les matériaux sur lesquels on l'applique : il résiste aux actions mécaniques et, par sa compacité, s'oppose à l'absorption des gaz et, par suite, à leur action sur la matière sous-jacente. Il résiste aux variations brusques de température et ne se laisse pas attaquer par les cendres et poussières mêlées aux gaz de la combustion.

Extraction de l'étain des rognures de fer-blanc *(suite et fin)*. — La fusion de l'étain sous forme d'éponge est coûteuse, de sorte que le procédé n'est point économique, mais, d'après l'auteur, c'est le seul qui ait été appliqué d'une manière commerciale, sur une certaine échelle, avec de bons résultats. Pour maintenir des bains d'une capacité de 140 000 *l* à une température de 60 à 80° C., il faut beaucoup de combustible. Plus la température est élevée, plus est grande la conductibilité du bain et, par conséquent, l'action du courant électrique, et plus courte est la durée de l'opération. Sous l'influence de la chaleur et du courant, la soude caustique est convertie en stannate de soude, d'après la formule suivante :

$$SnO(OH)_2 + 2NaOH = Na_2SnO_3 + 2H_2O,$$
$$Sn(OH)_4 + 2NaOH = Na_2SnO_3 + 2H_2O.$$

L'acide stannique, dans ce procédé, est précipité de la solution par de l'acide carbonique provenant, soit d'un récipient où il existe sous pression, soit de toute autre source, le stannate de soude est converti en carbonate de soude, et l'acide stannique est précipité. On arrête l'introduction de l'acide carbonique dès que la soude s'est combinée avec l'acide et que l'acide stannique est entièrement précipité. La réaction qui s'est produite est la suivante :

$$Na_2SnO_2 + H_2O + CO = H_2SnO_3 + Na_2CO_3.$$

Dans la première partie du procédé, lorsque les rognures, placées dans un panier, sont immergées dans le bain et qu'on établit le circuit électrique, l'oxydation qui se produit amène à l'anode la formation d'acide stannique qui, dans une lessive de soude de force modérée, se combine avec l'alcali pour former du stannate de soude. Dans la seconde partie du procédé, le fait que l'acide carbonique est plus puissant comme acide que l'acide stannique explique la décomposition du stannate de soude et la précipitation de l'acide stannique. On sépare celui-ci soit par filtration, soit par décantation de la lessive, qu'on fait bouillir avec de la chaux pour en refaire de la soude qui sert de nouveau comme bain. L'acide stannique hydraté est lavé et séché; on le réduit ensuite en poudre fine, produit très recherché pour la fabrication de l'émail ; sous cette forme, il vaut 25 0/0 de plus que le prix de la quantité correspondante d'étain qu'il renferme. Il est première importance qu'il soit pur de matières étrangères telles que fer, soude, matières organiques, crasses, etc., qui le rendraient impropre à l'application dont nous venons de parler. Le docteur Mennicke dit que, malgré la grande résistance du bain, qui con-

somme beaucoup de courant, ce procédé est rémunérateur. Le fer, dont on a retiré l'étain et qui est devenu du fer noir, par opposition à son état précédent de fer-blanc, a plus ou moins de valeur, selon l'état du marché. Ce n'est pas le cas, actuellement. Il est bon de dire, toutefois, que c'est un des avantages du procédé, car, avec les autres, le fer n'est pas utilisable.

La raison d'être de ces procédés varie avec les cours des métaux. En ce moment, où les riblons sont vendus à un prix de 50 0/0 inférieur à ce qu'ils valaient il y a deux ans où la tonne de fer noir se cotait 100 *f*, il n'y aurait aucune raison de faire une installation pour retirer l'étain des rognures de fer-blanc. Un autre avantage du procédé à la soude est qu'on peut traiter toute espèce de débris de fers-blanc, même peints ou vernis, tandis que, dans le procédé à l'acide, les fer blancs de ce genre donnent lieu à beaucoup d'ennuis et de dépenses et rendent les opérations très compliquées. Il est très important que le fer noir ne contienne pas d'étain libre parce qu'il en résulte, d'après certaines personnes dignes de foi, un effet très fâcheux sur le fourneau lors de la fusion. Il est à désirer qu'on sépare les impuretés par une filtration du liquide avant l'introduction de l'acide carbonique.

Actuellement, il existe sept grands établissements appliquant le procédé à la lessive de soude pour l'extraction de l'étain des rognures de fer-blanc, dont ils traitent collectivement environ 30 000 *t* par an. Le procédé décrit ci-dessus est le seul qui ait été mis en pratique avec profit, bien que, par suite des bas cours du moment, la marge de bénéfice soit considérablement réduite.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mai 1903.

Rapport de M. H. Fontaine, sur **le stérilisateur domestique Forbes,** présenté par M. Lepage.

Cet appareil est basé sur l'emploi de la chaleur comme moyen de destruction des microbes pathogènes. Il se compose : 1° d'un réservoir alimenté par la canalisation d'eau et placé à un niveau supérieur à celui du reste du système; 2° d'un bouilleur métallique chauffé par un bec de gaz ou une lampe à alcool; 3° d'un récupérateur-échangeur de température, sorte de cylindre vertical en tôle à deux compartiments, dont l'un est traversé par l'eau froide non épurée, l'autre par l'eau chaude sortant du bouilleur. L'ensemble constitue ainsi un circuit d'eau complet partant du réservoir et aboutissant à un tonnelet en traversant le bouilleur et le récupérateur. Au moyen de l'échange de chaleur qui se fait dans ce dernier, l'eau arrive au tonnelet à une température très voisine de celle de la canalisation.

La dépense en gaz n'excède pas, à Paris, 0,05 *f* pour la stérilisation de 30 *l* d'eau.

Il est utile d'ajouter que ce qui constitue l'originalité et le principal mérite de l'appareil dont nous nous occupons est le mode de sortie de l'eau du bouilleur.

Ce dernier est mis en communication avec le récupérateur au moyen d'un tube recourbé en col de cygne dont le sommet se trouve un peu plus haut que le niveau de l'eau, de sorte que cette eau ne peut passer du bouilleur au récupérateur qu'à l'état d'ébullition tumultueuse, état qui ne se manifeste qu'à 100 degrés. La différence de hauteur entre le sommet du col de cygne et le niveau de l'eau assure automatiquement le succès de l'opération, puisque la température de 100 degrés suffit pour détruire les germes nuisibles contenus dans l'eau. Cette différence est calculée pour que la durée d'ébullition soit très courte, afin que l'eau n'ait pas le temps de perdre les gaz qui lui donnent sa saveur et maintiennent en dissolution les sels calcaires. Ces appareils peuvent être faits pour des débits variant de 10 à 75 *l* à l'heure et même au-dessus.

Rapport de M. Ed. Sauvage, sur **les calibres Johansson.**

Il s'agit de calibres exécutés par M. Johansson, maître armurier suédois, suivant un système spécial, dont le principe est l'obtention d'une cote quelconque par la juxtaposition d'un nombre convenable de barrettes ou règles à bout, ce qui exige une exécution très soignée.

Rapport de M. Imbs, sur **les raccords pour tuyauterie**, de M. Paul Durand.

Le principe de ces raccords, qui varient suivant la nature et la destination des tuyaux, consiste à ne pas séparer complètement les deux parties d'un raccord à vis ordinaire, de sorte que la partie formant écrou ne quitte jamais la partie fixe formant vis et que l'écrou n'est jamais retiré, mais simplement desserré. Pour que la séparation se fasse, l'écrou est muni d'une entaille latérale formant ouverture, sur un peu plus du quart de la circonférence et le tuyau mobile avec son embase se retire de côté par cette ouverture. Cette disposition très simple paraît très efficace.

Prévention des accidents du travail. Musée d'hygiène industrielle, par M. H. Mamy.

Dans cette conférence, faite le 27 mars dernier à la Société d'Encouragement, l'auteur décrit plusieurs musées qui existent en Europe, et contiennent des modèles d'appareils protecteurs, dispositifs de sûreté, etc. Ces musées sont ceux de Zurich, Vienne, Amsterdam et Munich. L'Allemagne est en train d'en créer un à Charlottenbourg. Il est à désirer qu'une création de ce genre soit faite en France et l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail en a pris l'initiative.

Les alliages de cuivre et d'antimoine, par M. Baykoff.

Le mémoire étudie la fusibilité, la dureté et la force électromotrice d'un certain nombre d'alliages de cuivre et d'antimoine, à la proportion de 50 à 70 0/0 de cuivre, en fonction de leur composition, et ensuite l'allure de leur refroidissement et l'influence de la rapidité du refroidissement sur leur microstructure.

Etude sur **la constitution des ciments hydrauliques,** par M. J.-B. Newberry.

La métallographie des aciers au nickel, par M. L. Guillet.

Dans cet important travail, l'auteur étudie successivement : la microstructure des aciers bruts, celle des aciers au nickel trempés, des aciers recuits, des aciers écrouis, des aciers refroidis, la cémentation et la décarburation des aciers au nickel et expose, pour terminer, des essais de régénération des aciers au nickel transformés.

Il conclut en signalant la coïncidence parfaite qu'il a trouvée entre les propriétés mécaniques des aciers au nickel et leur microstructure.

Note sur les locomotives, par M. Ed. Sauvage, Ingénieur en chef des Mines.

Cette partie, qui est la dernière, étudie les locomotives à quatre essieux accouplés et les locomotives-tenders, et donne quelques brèves indications sur les locomotives articulées.

Notes de mécanique — Ces notes sont au nombre de deux, une sur les laminoirs à l'Exposition de Dusseldorf, d'après le Z. V. D. I., et l'autre sur des machines soufflantes de construction anglaise.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

JUIN 1903.

DISTRICT DE SAINT-ÉTIENNE

Réunion du 9 mai 1903.

Communication de M. JOUGUET, professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne, sur **les méthodes qui permettent de représenter le fonctionnement thermique des machines à vapeur.**

L'auteur entre dans de grands développements théoriques sur le fonctionnement de la machine à vapeur et sur les différents diagrammes par lesquels on peut le représenter.

Il termine par des considérations sur les essais de ces moteurs et sur le bilan calorifique par lequel on peut les résumer.

Communication de M. BRUSTLEIN sur **les perfectionnements apportés à la fabrication du ciment avec le laitier de hauts fourneaux.**

On a apporté, en Allemagne, un important progrès à la fabrication du ciment avec les laitiers de hauts fourneaux. Voici en quoi il consiste :

A sa sortie du haut fourneau, le laitier est granulé par un jet d'eau, la matière recueillie est séchée et chauffée au rouge dans des trommels, puis ramenée à la température ambiante. On la passe ensuite dans un appareil à aimants pour séparer les grains de fonte et on la broie en farine. Cette farine est ensuite mélangée avec la proportion nécessaire de calcaire moulu ; on humecte le mélange et on le moule en briquettes qui sont cuites dans des fours, puis réduites en poudre, ce qui constitue le ciment ordinaire du commerce. Seulement on a constaté, par expérience, qu'en mélangeant très intimement 70 0/0 de ce ciment avec 30 0/0 du produit primitif, c'est-à-dire du laitier finement broyé, on obtenait un produit supérieur tant au point de vue de la constance du volume après gâchage en mortier qu'à celui de la résistance ; de plus, le produit qu'on désigne sous le nom de « Ciment Portland de fer » est moins cher. Ces renseignements sont empruntés à un rapport de M. Juntzen, des usines Buderus à Wetzlar, au Verein zur Beforderung des Gewerbefleiss.

Note de M. JOURNOLLEAU sur **la production métallurgique de l'Oural.**

Congrès des mines de Vienne en 1903.

Rapport de M. IMBS, sur **les raccords pour tuyauterie**, de M. PAUL DURAND.

Le principe de ces raccords, qui varient suivant la nature et la destination des tuyaux, consiste à ne pas séparer complètement les deux parties d'un raccord à vis ordinaire, de sorte que la partie formant écrou ne quitte jamais la partie fixe formant vis et que l'écrou n'est jamais retiré, mais simplement desserré. Pour que la séparation se fasse, l'écrou est muni d'une entaille latérale formant ouverture, sur un peu plus du quart de la circonférence et le tuyau mobile avec son embase se retire de côté par cette ouverture. Cette disposition très simple paraît très efficace.

Prévention des accidents du travail. Musée d'hygiène industrielle, par M. H. MAMY.

Dans cette conférence, faite le 27 mars dernier à la Société d'Encouragement, l'auteur décrit plusieurs musées qui existent en Europe, et contiennent des modèles d'appareils protecteurs, dispositifs de sûreté, etc. Ces musées sont ceux de Zurich, Vienne, Amsterdam et Munich. L'Allemagne est en train d'en créer un à Charlottenbourg. Il est à désirer qu'une création de ce genre soit faite en France et l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail en a pris l'initiative.

Les alliages de cuivre et d'antimoine, par M. BAYKOFF.

Le mémoire étudie la fusibilité, la dureté et la force électromotrice d'un certain nombre d'alliages de cuivre et d'antimoine, à la proportion de 50 à 70 0/0 de cuivre, en fonction de leur composition, et ensuite l'allure de leur refroidissement et l'influence de la rapidité du refroidissement sur leur microstructure.

Etude sur **la constitution des ciments hydrauliques,** par M. J.-B. NEWBERRY.

La métallographie des aciers au nickel, par M. L. GUILLET.

Dans cet important travail, l'auteur étudie successivement : la microstructure des aciers bruts, celle des aciers au nickel trempés, des aciers recuits, des aciers écrouis, des aciers refroidis, la cémentation et la décarburation des aciers au nickel et expose, pour terminer, des essais de régénération des aciers au nickel transformés.

Il conclut en signalant la coïncidence parfaite qu'il a trouvée entre les propriétés mécaniques des aciers au nickel et leur microstructure.

Note sur les locomotives, par M. Ed. SAUVAGE, Ingénieur en chef des Mines.

Cette partie, qui est la dernière, étudie les locomotives à quatre essieux accouplés et les locomotives-tenders, et donne quelques brèves indications sur les locomotives articulées.

Notes de mécanique — Ces notes sont au nombre de deux, une sur les laminoirs à l'Exposition de Dusseldorf, d'après le Z. V. D. I., et l'autre sur des machines soufflantes de construction anglaise.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

JUIN 1903.

DISTRICT DE SAINT-ÉTIENNE

Réunion du 9 mai 1903.

Communication de M. JOUGUET, professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne, sur **les méthodes qui permettent de représenter le fonctionnement thermique des machines à vapeur.**

L'auteur entre dans de grands développements théoriques sur le fonctionnement de la machine à vapeur et sur les différents diagrammes par lesquels on peut le représenter.

Il termine par des considérations sur les essais de ces moteurs et sur le bilan calorifique par lequel on peut les résumer.

Communication de M. BRUSTLEIN sur **les perfectionnements apportés à la fabrication du ciment avec le laitier de hauts fourneaux.**

On a apporté, en Allemagne, un important progrès à la fabrication du ciment avec les laitiers de hauts fourneaux. Voici en quoi il consiste :

A sa sortie du haut fourneau, le laitier est granulé par un jet d'eau, la matière recueillie est séchée et chauffée au rouge dans des trommels, puis ramenée à la température ambiante. On la passe ensuite dans un appareil à aimants pour séparer les grains de fonte et on la broie en farine. Cette farine est ensuite mélangée avec la proportion nécessaire de calcaire moulu ; on humecte le mélange et on le moule en briquettes qui sont cuites dans des fours, puis réduites en poudre, ce qui constitue le ciment ordinaire du commerce. Seulement on a constaté, par expérience, qu'en mélangeant très intimement 70 0/0 de ce ciment avec 30 0/0 du produit primitif, c'est-à-dire du laitier finement broyé, on obtenait un produit supérieur tant au point de vue de la constance du volume après gâchage en mortier qu'à celui de la résistance ; de plus, le produit qu'on désigne sous le nom de « Ciment Portland de fer » est moins cher. Ces renseignements sont empruntés à un rapport de M. Juntzen, des usines Buderus à Wetzlar, au Verein zur Beforderung des Gewerbefleiss.

Note de M. JOURNOLLEAU sur **la production métallurgique de l'Oural.**

Congrès des mines de Vienne en 1903.

Rapport de M. Imbs, sur **les raccords pour tuyauterie**, de M. Paul Durand.

Le principe de ces raccords, qui varient suivant la nature et la destination des tuyaux, consiste à ne pas séparer complètement les deux parties d'un raccord à vis ordinaire, de sorte que la partie formant écrou ne quitte jamais la partie fixe formant vis et que l'écrou n'est jamais retiré, mais simplement desserré. Pour que la séparation se fasse, l'écrou est muni d'une entaille latérale formant ouverture, sur un peu plus du quart de la circonférence et le tuyau mobile avec son embase se retire de côté par cette ouverture. Cette disposition très simple paraît très efficace.

Prévention des accidents du travail. Musée d'hygiène industrielle, par M. H. Mamy.

Dans cette conférence, faite le 27 mars dernier à la Société d'Encouragement, l'auteur décrit plusieurs musées qui existent en Europe, et contiennent des modèles d'appareils protecteurs, dispositifs de sûreté, etc. Ces musées sont ceux de Zurich, Vienne, Amsterdam et Munich. L'Allemagne est en train d'en créer un à Charlottenbourg. Il est à désirer qu'une création de ce genre soit faite en France et l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail en a pris l'initiative.

Les alliages de cuivre et d'antimoine, par M. Baykoff.

Le mémoire étudie la fusibilité, la dureté et la force électromotrice d'un certain nombre d'alliages de cuivre et d'antimoine, à la proportion de 50 à 70 0/0 de cuivre, en fonction de leur composition, et ensuite l'allure de leur refroidissement et l'influence de la rapidité du refroidissement sur leur microstructure.

Etude sur **la constitution des ciments hydrauliques,** par M. J.-B. Newberry.

La métallographie des aciers au nickel, par M. L. Guillet.

Dans cet important travail, l'auteur étudie successivement : la microstructure des aciers bruts, celle des aciers au nickel trempés, des aciers recuits, des aciers écrouis, des aciers refroidis, la cémentation et la décarburation des aciers au nickel et expose, pour terminer, des essais de régénération des aciers au nickel transformés.

Il conclut en signalant la coïncidence parfaite qu'il a trouvée entre les propriétés mécaniques des aciers au nickel et leur microstructure.

Note sur les locomotives, par M. Ed. Sauvage, Ingénieur en chef des Mines.

Cette partie, qui est la dernière, étudie les locomotives à quatre essieux accouplés et les locomotives-tenders, et donne quelques brèves indications sur les locomotives articulées.

Notes de mécanique — Ces notes sont au nombre de deux, une sur les laminoirs à l'Exposition de Dusseldorf, d'après le Z. V. D. I., et l'autre sur des machines soufflantes de construction anglaise.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

JUIN 1903.

DISTRICT DE SAINT-ÉTIENNE

Réunion du 9 mai 1903.

Communication de M. JOUGUET, professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne, sur **les méthodes qui permettent de représenter le fonctionnement thermique des machines à vapeur.**

L'auteur entre dans de grands développements théoriques sur le fonctionnement de la machine à vapeur et sur les différents diagrammes par lesquels on peut le représenter.

Il termine par des considérations sur les essais de ces moteurs et sur le bilan calorifique par lequel on peut les résumer.

Communication de M. BRUSTLEIN sur **les perfectionnements apportés à la fabrication du ciment avec le laitier de hauts fourneaux.**

On a apporté, en Allemagne, un important progrès à la fabrication du ciment avec les laitiers de hauts fourneaux. Voici en quoi il consiste :

A sa sortie du haut fourneau, le laitier est granulé par un jet d'eau, la matière recueillie est séchée et chauffée au rouge dans des trommels, puis ramenée à la température ambiante. On la passe ensuite dans un appareil à aimants pour séparer les grains de fonte et on la broie en farine. Cette farine est ensuite mélangée avec la proportion nécessaire de calcaire moulu ; on humecte le mélange et on le moule en briquettes qui sont cuites dans des fours, puis réduites en poudre, ce qui constitue le ciment ordinaire du commerce. Seulement on a constaté, par expérience, qu'en mélangeant très intimement 70 0/0 de ce ciment avec 30 0/0 du produit primitif, c'est-à-dire du laitier finement broyé, on obtenait un produit supérieur tant au point de vue de la constance du volume après gâchage en mortier qu'à celui de la résistance ; de plus, le produit qu'on désigne sous le nom de « Ciment Portland de fer » est moins cher. Ces renseignements sont empruntés à un rapport de M. Juntzen, des usines Buderus à Wetzlar, au Verein zur Beforderung des Gewerbefleiss.

Note de M. JOURNOLLEAU sur **la production métallurgique de l'Oural.**

Congrès des mines de Vienne en 1903.

Rapport de M. Imbs, sur **les raccords pour tuyauterie**, de M. Paul Durand.

Le principe de ces raccords, qui varient suivant la nature et la destination des tuyaux, consiste à ne pas séparer complètement les deux parties d'un raccord à vis ordinaire, de sorte que la partie formant écrou ne quitte jamais la partie fixe formant vis et que l'écrou n'est jamais retiré, mais simplement desserré. Pour que la séparation se fasse, l'écrou est muni d'une entaille latérale formant ouverture, sur un peu plus du quart de la circonférence et le tuyau mobile avec son embase se retire de côté par cette ouverture. Cette disposition très simple paraît très efficace.

Prévention des accidents du travail. Musée d'hygiène industrielle, par M. H. Mamy.

Dans cette conférence, faite le 27 mars dernier à la Société d'Encouragement, l'auteur décrit plusieurs musées qui existent en Europe, et contiennent des modèles d'appareils protecteurs, dispositifs de sûreté, etc. Ces musées sont ceux de Zurich, Vienne, Amsterdam et Munich. L'Allemagne est en train d'en créer un à Charlottenbourg. Il est à désirer qu'une création de ce genre soit faite en France et l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail en a pris l'initiative.

Les alliages de cuivre et d'antimoine, par M. Baykoff.

Le mémoire étudie la fusibilité, la dureté et la force électromotrice d'un certain nombre d'alliages de cuivre et d'antimoine, à la proportion de 50 à 70 0/0 de cuivre, en fonction de leur composition, et ensuite l'allure de leur refroidissement et l'influence de la rapidité du refroidissement sur leur microstructure.

Etude sur **la constitution des ciments hydrauliques,** par M. J.-B. Newberry.

La métallographie des aciers au nickel, par M. L. Guillet.

Dans cet important travail, l'auteur étudie successivement : la microstructure des aciers bruts, celle des aciers au nickel trempés, des aciers recuits, des aciers écrouis, des aciers refroidis, la cémentation et la décarburation des aciers au nickel et expose, pour terminer, des essais de régénération des aciers au nickel transformés.

Il conclut en signalant la coïncidence parfaite qu'il a trouvée entre les propriétés mécaniques des aciers au nickel et leur microstructure.

Note sur les locomotives, par M. Ed. Sauvage, Ingénieur en chef des Mines.

Cette partie, qui est la dernière, étudie les locomotives à quatre essieux accouplés et les locomotives-tenders, et donne quelques brèves indications sur les locomotives articulées.

Notes de mécanique — Ces notes sont au nombre de deux, une sur les laminoirs à l'Exposition de Dusseldorf, d'après le Z. V. D. I., et l'autre sur des machines soufflantes de construction anglaise.

SOCIÉTE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Juin 1903.

District de Saint-Étienne

Réunion du 9 mai 1903.

Communication de M. Jouguet, professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne, sur **les méthodes qui permettent de représenter le fonctionnement thermique des machines à vapeur.**

L'auteur entre dans de grands développements théoriques sur le fonctionnement de la machine à vapeur et sur les différents diagrammes par lesquels on peut le représenter.

Il termine par des considérations sur les essais de ces moteurs et sur le bilan calorifique par lequel on peut les résumer.

Communication de M. Brustlein sur **les perfectionnements apportés à la fabrication du ciment avec le laitier de hauts fourneaux.**

On a apporté, en Allemagne, un important progrès à la fabrication du ciment avec les laitiers de hauts fourneaux. Voici en quoi il consiste :

A sa sortie du haut fourneau, le laitier est granulé par un jet d'eau, la matière recueillie est séchée et chauffée au rouge dans des trommels, puis ramenée à la température ambiante. On la passe ensuite dans un appareil à aimants pour séparer les grains de fonte et on la broie en farine. Cette farine est ensuite mélangée avec la proportion nécessaire de calcaire moulu ; on humecte le mélange et on le moule en briquettes qui sont cuites dans des fours, puis réduites en poudre, ce qui constitue le ciment ordinaire du commerce. Seulement on a constaté, par expérience, qu'en mélangeant très intimement 70 0/0 de ce ciment avec 30 0/0 du produit primitif, c'est-à-dire du laitier finement broyé, on obtenait un produit supérieur tant au point de vue de la constance du volume après gâchage en mortier qu'à celui de la résistance ; de plus, le produit qu'on désigne sous le nom de « Ciment Portland de fer » est moins cher. Ces renseignements sont empruntés à un rapport de M. Juntzen, des usines Buderus à Wetzlar, au Verein zur Beforderung des Gewerbefleiss.

Note de M. Journolleau sur **la production métallurgique de l'Oural.**

Congrès des mines de Vienne en 1903.

Rapport de M. IMBS, sur **les raccords pour tuyauterie,** de M. PAUL DURAND.

Le principe de ces raccords, qui varient suivant la nature et la destination des tuyaux, consiste à ne pas séparer complètement les deux parties d'un raccord à vis ordinaire, de sorte que la partie formant écrou ne quitte jamais la partie fixe formant vis et que l'écrou n'est jamais retiré, mais simplement desserré. Pour que la séparation se fasse, l'écrou est muni d'une entaille latérale formant ouverture, sur un peu plus du quart de la circonférence et le tuyau mobile avec son embase se retire de côté par cette ouverture. Cette disposition très simple paraît très efficace.

Prévention des accidents du travail. Musée d'hygiène industrielle, par M. H. MAMY.

Dans cette conférence, faite le 27 mars dernier à la Société d'Encouragement, l'auteur décrit plusieurs musées qui existent en Europe, et contiennent des modèles d'appareils protecteurs, dispositifs de sûreté, etc. Ces musées sont ceux de Zurich, Vienne, Amsterdam et Munich. L'Allemagne est en train d'en créer un à Charlottenbourg. Il est à désirer qu'une création de ce genre soit faite en France et l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail en a pris l'initiative.

Les alliages de cuivre et d'antimoine, par M. BAYKOFF.

Le mémoire étudie la fusibilité, la dureté et la force électromotrice d'un certain nombre d'alliages de cuivre et d'antimoine, à la proportion de 50 à 70 0/0 de cuivre, en fonction de leur composition, et ensuite l'allure de leur refroidissement et l'influence de la rapidité du refroidissement sur leur microstructure.

Etude sur **la constitution des ciments hydrauliques,** par M. J.-B. NEWBERRY.

La métallographie des aciers au nickel, par M. L. GUILLET.

Dans cet important travail, l'auteur étudie successivement : la microstructure des aciers bruts, celle des aciers au nickel trempés, des aciers recuits, des aciers écrouis, des aciers refroidis, la cémentation et la décarburation des aciers au nickel et expose, pour terminer, des essais de régénération des aciers au nickel transformés.

Il conclut en signalant la coïncidence parfaite qu'il a trouvée entre les propriétés mécaniques des aciers au nickel et leur microstructure.

Note sur les locomotives, par M. Ed. SAUVAGE, Ingénieur en chef des Mines.

Cette partie, qui est la dernière, étudie les locomotives à quatre essieux accouplés et les locomotives-tenders, et donne quelques brèves indications sur les locomotives articulées.

Notes de mécanique — Ces notes sont au nombre de deux, une sur les laminoirs à l'Exposition de Dusseldorf, d'après le Z. V. D. I., et l'autre sur des machines soufflantes de construction anglaise.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

JUIN 1903.

DISTRICT DE SAINT-ÉTIENNE

Réunion du 9 mai 1903.

Communication de M. JOUGUET, professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne, sur **les méthodes qui permettent de représenter le fonctionnement thermique des machines à vapeur.**

L'auteur entre dans de grands développements théoriques sur le fonctionnement de la machine à vapeur et sur les différents diagrammes par lesquels on peut le représenter.

Il termine par des considérations sur les essais de ces moteurs et sur le bilan calorifique par lequel on peut les résumer.

Communication de M. BRUSTLEIN sur **les perfectionnements apportés à la fabrication du ciment avec le laitier de hauts fourneaux.**

On a apporté, en Allemagne, un important progrès à la fabrication du ciment avec les laitiers de hauts fourneaux. Voici en quoi il consiste :

A sa sortie du haut fourneau, le laitier est granulé par un jet d'eau, la matière recueillie est séchée et chauffée au rouge dans des trommels, puis ramenée à la température ambiante. On la passe ensuite dans un appareil à aimants pour séparer les grains de fonte et on la broie en farine. Cette farine est ensuite mélangée avec la proportion nécessaire de calcaire moulu ; on humecte le mélange et on le moule en briquettes qui sont cuites dans des fours, puis réduites en poudre, ce qui constitue le ciment ordinaire du commerce. Seulement on a constaté, par expérience, qu'en mélangeant très intimement 70 0/0 de ce ciment avec 30 0/0 du produit primitif, c'est-à-dire du laitier finement broyé, on obtenait un produit supérieur tant au point de vue de la constance du volume après gâchage en mortier qu'à celui de la résistance ; de plus, le produit qu'on désigne sous le nom de « Ciment Portland de fer » est moins cher. Ces renseignements sont empruntés à un rapport de M. Juntzen, des usines Buderus à Wetzlar, au Verein zur Beforderung des Gewerbefleiss.

Note de M. JOURNOLLEAU sur **la production métallurgique de l'Oural.**

Congrès des mines de Vienne en 1903.

DISTRICT DE PARIS.

Réunion du 2 mars 1903.

Communication de M. H. LENICQUE sur **l'état actuel de la préparation mécanique et de la concentration des minerais.**

Nous rappellerons que cette question a été traitée par l'auteur dans la séance de notre Société du 5 décembre 1902, et renverrons au mémoire inséré au Bulletin de décembre.

Communication de M. J. DESCHAMPS sur un **Gazogène à combustion renversée.**

L'auteur pense que les conditions nécessaires pour qu'un gazogène puisse employer des combustibles riches en produits volatils et fournir du gaz dépourvu de goudron, ne peuvent être remplies qu'avec un gazogène fonctionnant en combustion renversée, ayant une grande hauteur et dans lequel l'air est introduit, par une tuyère, au centre du combustible, au-dessous du niveau de chargement.

Ce gazogène se compose essentiellement d'une cuve dans laquelle le combustible repose sur une grille mobile actionnée par un arbre à cames et d'un récupérateur composé, soit d'un tube en serpentin, soit d'une chemise en tôle enveloppant le départ du gaz. Le gaz est aspiré par un ventilateur placé à la suite d'un scrubber destiné à refroidir le gaz, de telle façon que le ventilateur joue en même temps le rôle d'épurateur centrifuge. De cet appareil le gaz va au four ou au moteur.

Un gazogène de ce genre, installé à Montreuil, fonctionne depuis quatre mois pour alimenter un moteur de 100 *ch* en employant du lignite de Marseille, de la tourbe de Russie, du charbon de Saint-Éloy, de la tannée et du charbon de Marles. On a employé chacun de ces combustibles pendant une quinzaine de jours environ.

Cet appareil permettrait donc l'emploi de combustibles très riches en produits volatils et même très cendreux, tant pour les fours que pour les moteurs à gaz.

Cette communication a été suivie d'une discussion dans laquelle notre Collègue, M. Lencauchez, a présenté diverses observations.

Communication présentée par M. BARTHÉLEMY, au nom de M. A. CARNOT sur le **5me Congrès international de chimie appliquée.**

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 21. — *23 mai 1903.*

Emploi de la vapeur surchauffée dans les locomotives, par O. Berner.

Moyens techniques pour l'enseignement de la construction des machines, par Kammerer.

Exposition de Dusseldorf. — Les machines-outils, par H. Fischer *(fin)*.

Machine compound tandem avec distribution Rider, par J. Hartig.

Dispositif pour produire la circulation de l'eau dans les chaudières, système Altmayer, par W. von Dorsten.

Réunion générale des métallurgistes allemands à Dusseldorf, le 26 avril 1903 *(fin)*.

Revue. — Exposition municipale allemande à Dresde en 1903.

N° 22. — *30 mai 1903.*

Ordre du jour de la quarante-quatrième assemblée générale de l'Association des Ingénieurs Allemands à Munich et à Augsbourg, en 1903.

Préparation des tôles employées dans la construction des dynamos, par K. Frucht.

Exposition de Dusseldorf. — Les chemins de fer et les moyens de transport, par M. Buhle *(suite)*.

Emploi de la vapeur surchauffée dans les locomotives, par O. Berner *(fin)*.

Déplacement de l'eau pendant la marche d'un navire et son influence sur la résistance de la coque, par R. Haack *(fin)*.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Le canal d'alimentation de l'Ill.

Groupe de Mannheim. — Explosion de chaudière dans une brasserie. — Filtration de l'eau et épuration des eaux usées.

Groupe de Posen. — Développement industriel de la province de Posen.

Bibliographie. — Soufflerie et appareils de compression d'air, par A. von Jhering. — Calcul statique des poutres en béton armé, par H. Walter et P. Weiske.

Revue. — Appareils de sondage. — Le technolexikon.

N° 23. — *6 juin 1903.*

La traction électrique sur le chemin de fer de banlieue de Berlin Gross-Lichterfelde-Ost, établie par l'Union Electrizitäts-Gesellschaft, de Berlin, par K. Meyer.

Le vapeur de recherches *Poseidon* construit par le Vulcain brémois, à Vegesach, par W. Kaemmerer.

Exposition de Dusseldorf. — La métallurgie, par Fr. Frölich *(suite)*.

Le travail du laiton et des alliages analogues à la chaleur et les expériences de pression à chaud d'Alexander Dick, par A. Hilpert.

Profil des roues pour chemins de fer électriques, par K. Sieber.

Groupe de Berlin. — État actuel de la construction des grands moteurs à gaz.

Groupe de Hanovre. — Les rayons de Becquerel et les substances radioactives.

Groupe de Carlsruhe. — Proportions de la charge des stations électriques de force et leur influence sur la consommation de combustible.

Bibliographie. — Emploi des courants alternatifs pour la traction sur les chemins de fer électriques, par W. Reichel. — Invasion des marchés européens par les Américains, par F. A. Vanderlip.

Revue. — Réunion d'été de la Société technique de constructions navales. — Le vapeur à deux hélices *Feldmarschall.* — Rupture de la denture d'une machine de laminoir.

N° 24. — *13 juin 1903.*

Progrès dans la construction des turbines, par C. Schmitthenner.

La traction électrique sur le chemin de fer de banlieue de Berlin Gross-Lichterfelde-Ost, établie par l'Union Electrizitäts Gesellschaft, par K. Meyer *(fin).*

Moyens techniques pour l'enseignement de la construction des machines, par Kammerer *(fin).*

Exposition de Dusseldorf. — Les chemins de fer et les moyens de transport, par M. Buhle *(suite).*

Théorie pratique des moteurs à combustion, par K. Reinhardt.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — La mesure exacte du temps et sa transmission à petites ou grandes distances.

Groupe de Hanovre. — Une explosion remarquable de volant.

Groupe de Carlsruhe. — Impressions de voyage d'étude aux États-Unis d'Amérique.

Revue. — Union internationale pour la protection de la propriété industrielle. — Société d'études pour la création de stations centrales de force motrice. — Nouveaux sous-marins du type Holland l'*Adder* et le *Mocassin.*

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

IIIe SECTION

Essais des métaux : Machines et appareils, par M. L. GAGES, chef d'escadron d'artillerie. — *Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, Léauté, directeur (1).

On n'est arrivé qu'assez récemment à rendre vraiment scientifiques les procédés employés pour essayer les métaux.

L'ouvrage de M. Gages résume les différents travaux de la Commission d'essai des métaux, nommée à la suite de l'Exposition universelle de 1889, et les études faites plus récemment sur le même sujet. On y trouvera donc les données actuellement acquises sur les essais des métaux, et les méthodes nouvelles pour mener à bien ces essais.

Le travail complet de M. Gages comprendra deux parties :

I. Essais des métaux : Machines et appareils;

II. — Théorie et pratique des essais.

M. Gages ne nous donne aujourd'hui que la première partie qui traite des *Machines et Appareils* employés dans l'essai des métaux. Elle est divisée en trois titres :

Le Titre I se rapporte à la description et à l'emploi des machines avec lesquelles on procède aux *Essais de traction* :

a) Machines à leviers;

b) Machines à manomètres.

Quelques renseignements sur les appareils *Amplificateurs* et *Enregistreurs* et sur les appareils employés dans la petite mécanique complètent ce premier titre.

Dans le Titre II, l'auteur passe en revue les machines et les dispositifs utilisés dans les *essais de compression*, les *Appareils à choc*, et il indique le mode opératoire suivi dans les *essais de flexion* et de *torsion*.

Enfin, le Titre III est consacré aux *essais spéciaux*, c'est-à-dire aux épreuves non encore employées d'une façon courante dans l'industrie, telles que : *Essais au choc sur barreaux entaillés* et aux *Essais de fabrication* qui doivent déceler comment le métal se comportera dans les diverses transformations que lui feront subir les usines, soit à chaud, soit à froid.

En résumé : ce premier volume traite, d'une façon complète des *Procédés et appareils* employés dans la réception des métaux, pour en apprécier la qualité et le degré d'adaptation aux usages auxquels on les destine.

G. DE RETZ.

(1) In-8°, 190 × 120 de 151 p. avec 51 fig. Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1903. Prix : br. 2,50 *f*.

IVe SECTION

L'air liquide (1), par G. Claude.

L'auteur si populaire du *Traité d'électricité mis à la portée de tout le monde*, était bien indiqué pour vulgariser cette merveilleuse découverte si féconde en applications de toutes sortes, qu'on appelle l'air liquide.

A côté de sa haute compétence, l'auteur a apporté dans le texte et les figures de cet ouvrage, la forme attrayante qui caractérise et a entraîné le succès considérable du Traité d'Electricité.

L'air liquide comporte cinq chapitres. Dans le premier, l'auteur expose les considérations théoriques concernant la liquéfaction des gaz, en particulier ceux qui ont longtemps résisté, autrefois connus sous le nom de permanents, réduits aujourd'hui à l'hélium. Les méthodes généralement employées, seules ou combinées, sont la compression, le refroidissement, la détente. C'est ce dernier mode qui a permis pour la première fois à Cailletet d'obtenir l'air liquide à 190 degrés au-dessous de zéro, par une détente succédant à une compression de trois cents atmosphères!

Un grand nombre de savants s'attelèrent alors à la nouvelle découverte et M. G. Claude lui-même est l'auteur d'une méthode de production de l'air liquide, perfectionnement de la marche suivie par Linde et qu'il décrit dans ce chapitre (p. 29).

Mais ce produit une fois obtenu, un autre problème non moins difficile se pose, c'est sa conservation. Cette étude fait l'objet du second chapitre. Cette conservation est impossible en vase clos à cause des énormes pressions qui peuvent se développer. Il faut employer des vases ouverts convenablement disposés, permettant aux rentrées de chaleur d'être à chaque instant annihilées par l'élimination au dehors d'une quantité correspondante de liquide évaporé, ce qui permet au liquide restant de maintenir jusqu'à complète évaporation la température nécessaire de — 190°.

Dans le troisième chapitre, M. G. Claude étudie les propriétés et effets physiques du nouveau produit; dans le quatrième, ses propriétés chimiques : couleur bleue, densité, propriétés magnétiques, antiseptiques, etc. Il termine par un exposé de ses applications actuelles et futures, en particulier à la production de la force motrice et à la médecine.

La principale utilisation de l'air liquide sera la préparation facile de l'oxygène extrait de l'air atmosphérique par une véritable distillation; or on sait quelles sont les nombreuses applications de l'oxygène et l'immense intérêt qu'il y aurait à l'obtenir à bas prix.

Il sera également très utile pour obtenir dans maintes circonstances où cela est précieux, de très basses températures. C'est ce que l'auteur

(1) In-8°, 225 × 145 de VIII-108 p. avec 8 fig. — Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. Prix broché, 3 fr. 50.

développe dans son dernier chapitre ayant pour titre : *les Basses températures et la mort de la matière.*

Une fort intéressante préface de M. d'Arsonval, qui a lui-même fait de nombreuses et remarquables expériences sur l'air liquide, complète cet intéressant volume, un des meilleurs types que l'on puisse citer de vulgarisation scientifique.

AUGUSTE MOREAU.

Vᵉ SECTION

Les câbles sous-marins (1), par M. GAY.

Sous ce titre, M. Gay, Ingénieur à la Société des Téléphones, fait un intéressant exposé de l'industrie des câbles sous-marins.

L'élévation du style dans lequel l'auteur dépeint l'œuvre poursuivie, ses difficultés et ses succès, témoigne de la haute conception qu'il s'en fait justement.

Le premier volume paru se rapporte à la fabrication proprement dite des câbles modernes.

Après l'exposé de considérations générales, M. Gay donne la spécification d'un câble sous-marin, puis il examine la préparation des matières et des différents éléments constitutifs du câble.

A cette occasion, il fait ressortir les difficultés considérables qui résultent de l'emploi de la gutta-percha dont les propriétés sont encore mal connues et les qualités incomplètement définies.

Les méthodes d'essais des âmes, l'établissement de la table de correction des isolements mesurés en fonction des températures, la mise sous armature, les derniers essais électriques, puis l'embarquement du câble, terminent cette première partie de l'ouvrage de M. Gay.

Malgré la spécialité et l'aridité apparente du sujet, M. Gay a réussi à le traiter de la manière à la fois la plus claire et la plus complète, tout en lui donnant un très vif et très réel attrait pour le lecteur.

A. BOCHET.

Utilisation des chutes d'eau pour la production de l'énergie électrique (1) par LÉVY-SALVADOR.

L'auteur a plus spécialement eu en vue, dans son ouvrage, les applications de l'énergie électrique aux usages agricoles. Il n'en a pas moins étudié la question au point de vue général. Il a laissé de côté ce qui est relatif à l'aménagement des hautes chutes des régions montagneuses ; il s'est borné à l'étude des chutes moyennes existantes ou qu'on peut créer facilement dans les régions moins accidentées.

Le chapitre qui traite la question électrique proprement dite ne contient que les éléments strictement indispensables aux exploitants.

H. LAURAIN.

(1) In-8°, 190 × 120 de 203 p. avec 10 fig. Paris, Gauthier-Villars ; Masson et Cⁱᵉ, 1902. Prix : broché, 2,50 *f*.

(1) In-18, 225 × 140 de 122 p. avec 46 fig., Paris, Ch. Béranger, 1903. Prix broché 5 francs.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 1er SEMESTRE, ANNÉE 1903

(Bulletins de janvier à juin.)

Acier (Production de l') au four électrique. Mars, 495. — (Emploi de l'émeri d') pour le travail des pierres et des métaux. Mai, 772.

Afrique (Voiture automobile de charge pour l'). Février, 367. — (L'eau dans l') du Sud. Février, 370.

Alcool (Expériences comparatives sur l'emploi de l') et de la benzine dans les moteurs à explosion. Janvier, 215.

Allemands (Union des chemins de fer). Janvier, 218.

Anvers (Le port d') à la fin de 1902. Avril, 622.

Appareil (Nouvel) pour le dessin. Février, 371. — (Téléphones d'usines et) avertisseurs. Mai 779.

Automobile (Voiture) de charge pour l'Afrique du Sud. Février, 367.

Avertisseurs (Téléphones d'usines et appareils), Mai, 779.

Aviation (Expériences relatives à l') par M. Canovetti. Mars, 499.

Bateaux (Anciennes machines compound pour). Mars, 492 ; Avril, 616.

Benzine (Expériences comparatives sur l'emploi de l'alcool et de la) dans les moteurs à explosion. Janvier, 215.

Calcul de la résistance des matériaux dans le mouvement de rotation. Janvier, 227.

Calorimètre (Nouveau) pour l'essai des combustibles. Février, 365.

Canal (Trafic du) Empereur Guillaume. Février, 367.

Canovetti (Expériences relatives à l'aviation, par M.). Mars, 499.

Carborundum (Enduit réfractaire au). Juin. 907.

Carrières (Les) de Soignies. Janvier, 222.

Charbon (Production du) dans le monde. Mai, 774.

Charge (Voiture automobile de) pour l'Afrique du Sud. Février, 367.

Chemins de fer (Union des) allemands. Janvier, 218.

Cheminée (Démolition d'une) d'usine au moyen de la dynamite. Janvier, 219.

Combustibles (Nouveau calorimètre pour l'essai des). Février, 365. — (Emploi du) liquide sur les locomotives. Avril, 626.

Compound (Anciennes machines) pour bateaux. Mars, 492 ; Avril, 616.

Démolition d'une cheminée d'usine au moyen de la dynamite. Janvier, 219.

Dessin (Nouvel appareil pour le). Février, 371.

Dusseldorf (Les locomotives à l'Exposition de). Juin, 899.

Dynamite (Démolition d'une cheminée d'usine au moyen de la). Janvier, 219.

Eau (Refroidissement de l') par pulvérisation. Février, 363. — (L') dans l'Afrique du Sud. Février, 370.

Electrique (Lampe) à vapeur de mercure. Janvier, 228. — (Production de l'acier au four). Mars, 495. — (Transformation à la traction) des tramways de Saint-Pétersbourg. Mars, 498.

Emeri (Emploi de l') d'acier pour le travail des pierres et des métaux. Mai, 772.

Empereur Guillaume (Trafic du canal). Février, 367.

Emploi (Expériences comparatives sur l') de l'alcool et de la benzine dans les moteurs à explosion. Janvier, 215. — de la thermite pour la réparation des pièces de machines. Avril, 620. — du combustible liquide sur les locomotives. Avril, 626. — de l'émeri d'acier pour le travail des pierres et des métaux. Mai, 772.

Enduit rétractaire au carborundum. Juin, 907.

Essai (Nouveau calorimètre pour l') des combustibles. Février, 365.

Etain (Extraction de l') des rognures de fer-blanc. Mai, 777; Juin, 909.

Expériences comparatives sur l'emploi de l'alcool et de la benzine dans les moteurs à explosion. Janvier, 215. — relatives à l'aviation, par M. Canovetti. Mars, 499.

Explosion (Expériences comparatives sur l'emploi de l'alcool et de la benzine dans les moteurs à). Janvier, 215.

Exposition (Les locomotives à l') de Dusseldorf. Juin, 899.

Extraction de l'étain des rognures de fer-blanc. Mai, 777; Juin, 909.

Fer-blanc (Extraction de l'étain des rognures de). Mai, 777; Juin, 909.

Force motrice obtenue de l'incineration des ordures ménagères. Mai, 771.

Four (Production de l'acier au) électrique. Mars, 495.

Grêle (Le tir contre la). Janvier, 225.

Incinération (Force motrice obtenue de l') des ordures ménagères. Mai, 771.

Industrielle (Préparation) de l'oxygène. Mai, 776.

Lampe électrique à vapeur de mercure. Janvier, 228.

Liquide (Emploi du combustible) sur les locomotives. Avril, 626.

Locomotives à vapeur surchauffée. Mars, 486; Avril, 612; Mai, 766. — (Emploi du combustible liquide sur les). Avril, 626. — (Les) à l'Exposition de Dusseldorf. Juin, 899.

Machines (Anciennes) compound pour bateaux. Mars, 492; Avril, 616. — (Emploi de la thermite pour la réparation des pièces de). Avril, 620. — à vapeur économiques. Juin, 896.

Matériaux (Calcul de la résistance des) dans le mouvement de rotation. Janvier, 227.

Mercure (Lampe à vapeur de). Janvier 228.

Métaux (Emploi de l'émeri d'acier pour le travail des pierres et des). Mai, 772.

Monde (Production du charbon dans le). Mai 774.

Moteurs (Expériences comparatives sur l'emploi de l'alcool et de la benzine dans les) à explosion. Janvier, 215.

Motrice (Force) obtenue de l'incinération des ordures ménagères. Mai, 771.

Mouvement (Calcul de la résistance des matériaux dans le) de rotation. Janvier, 227.

Ordures (Force motrice obtenue de l'incinération des) ménagères. Mai, 771.

Oxygène (Préparation industrielle de l'). Mai, 776.

Pédographe (Le). Avril, 624.

Pièces (Emploi de la thermite pour la réparation des) de machines. Avril 620.

Pierres (Emploi de l'émeri d'acier pour le travail des) et des métaux. Mai, 772.

Pompe (Le rendement en volume d'une) à plongeur. Juin, 904.

Port (Le) d'Anvers à la fin de 1902. Avril, 622.

Préparation industrielle de l'oxygène. Mai, 776.

Production de l'acier au four électrique. Mars, 495. — du charbon dans le monde. Mai. 774.

Réfractaire (Enduit) au carborundum. Juin, 907.

Refroidissement de l'eau par pulvérisation. Février, 363.

Rendement (Le) en volume d'une pompe à plongeur. Juin, 904.

Réparation (Emploi de la thermite pour la) des pièces de machines. Avril, 620.

Résistance (Calcul de la) des matériaux dans le mouvement de rotation. Janvier, 227.

Saint-Pétersbourg (Transformation à la traction électrique des tramways de). Mars, 498.

Simplon (Le tunnel du). Février, 361.

Soignies (Les carrières de). Janvier, 222.

Soufflerie à turbine. Janvier, 220.

Surchauffée (Locomotives à vapeur). Mars, 486 ; Avril, 612 ; Mai, 766.

Téléphones d'usines et appareils avertisseurs. Mai 779.

Thermite (Emploi de la) pour la réparation des pièces de machines. Avril, 620.

Tir (Le) contre la grêle. Janvier, 225.

Traction (Transformation à la) électrique des tramways de Saint-Pétersbourg. Mars, 498.

Tramways (Transformation à la traction électrique des) de Saint-Pétersbourg. Mars, 498.

Trafic sur le canal Empereur Guillaume. Février, 367.

Travail (Emploi de l'émeri d'acier pour le) des pierres et des métaux. Mai, 772.

Tunnel (Le) du Simplon. Février, 361.

Turbine (Soufflerie à). Janvier, 220.

Union des chemins de fer allemands. Janvier, 218.

Usine (Démolition d'une cheminée d') au moyen de la dynamite. Janvier, 219. — (Téléphones d') et appareils avertisseurs. Mai, 779.

Vapeur (Lampe électrique à) de mercure. Janvier, 228. — (Locomotives à) surchauffée. Mars, 486 ; Avril, 612 ; Mai, 766. — (Machines à) économiques. Juin, 896.

Voiture automobile de charge pour l'Afrique. Février, 367.

Volume (Le rendement en) d'une pompe à plongeur. Juin, 904.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE PREMIER SEMESTRE, ANNÉE 1903

(Bulletins de janvier à juin.)

ADMISSION DE NOUVEAUX MEMBRES

Pages.

Bulletins de janvier, février, mars, avril, mai et juin. . . 7, 268, 392, 515, 667 et 809

Circulaire pour le recrutement de nouveaux membres (séance du 23 janvier) 51

AVIATION ET NAVIGATION AÉRIENNE

Recherches et expériences sur la résistance de l'air, par M. C. Canovetti, *observation* de M. R. Soreau (séance du 6 mars). 394

Sondages de l'atmosphère pour la traversée du Sahara en ballon, par M. M. Dibos (séance du 17 avril), mémoire. . . . 523 et 527

BIBLIOGRAPHIE

Acétylène (l'), par M. Marie-Auguste Morel 649

Aciers nickel à haute teneur (Recherches sur les), par M. L. Dumas. 236

Air liquide (l'), par M. G. Claude. 918

Alliages métalliques (les), par M. L. Gages 795

Aluminium (l') : ses propriétés, ses applications, par M. P. Moissonnier. 792

Câbles sous-marins (les), par M. Gay. 919

Cartels et Trusts, par M. Ét. Martin Saint-Léon. 799

Chemins de fer et de tramways (Contrôle des), par M. J. de la Ruelle. 636

Chemins de fer (Traité de), par M. Auguste Moreau 639

Chimie physique (Traité de). — Les principes, par M. Jean Perrin. 653

Chutes d'eau pour la production de l'énergie électrique (Utilisation des), par M. Lévy-Salvador. 919

Ciment armé (la construction en), par MM. C. Berger et V. Guillerme 786

Ciment armé et ses applications (le), par M. A. Morel 787

Distributions et canalisations d'électricité, d'eau, de gaz acétylène et d'alcool, d'air comprimé, de vapeur, et chauffage divers (Traité général et pratique des), par M. E. Pacoret. . . 658

Distributions à changement de marche et tiroir unique (les), par M. A. Fliegner 644

Eaux souterraines : Eaux potables, Eaux thermo-minérales, Recherches, Captages (les), par M. Miron 796

Électromoteurs, par M. G. Roessler 657

Épuration des eaux d'alimentation de chaudières et désincrustants, par M. A. Taveau 644

Escaliers à quartier tournant (Table de balancement des), par M. H. Vannetzel 789

Essais des métaux : Machines et appareils, par M. L. Gages. . 917

Fermentations industrielles (la pratique des), par M. Élisée Ozard 652

Fer oolithique de la Lorraine (les gisements de minerai de), par M. F. Villain 793

Fonderie de cuivre (Évolution de la) par M. Ch. Fremont 382

Forestière, son déclin, son relèvement (la richesse), par M. J. Carimantrand 652

Froment et sa mouture (le). Traité de meunerie, d'après un manuscrit inachevé, d'Aimé Girard, par M. Lindet 650

Gisements miniers, stratification et composition, par M. F. Miron 647

Levage et de manutention (Note théorique et pratique des appareils de), par M. E. Pacoret 790

Machines-outils pour les métaux (Expériences sur le travail des), par M. C. Codron 791

Marines de guerre modernes (les), par M. L. de Chasseloup-Laubat. 637

Mécanique, métallurgique (Traité de technologie), par M. A. Ledebur, traduit de l'allemand par M. G. Humbert 798

Métallurgie (la), par M. Le Verrier. 793

Métalloïdes et de leurs dérivés (l'industrie des), par M. L. Guillet. 647

Métaux (Introduction à l'étude des), par M. Ditte 648

Minérales de l'Afrique (les richesses), par M. L. de Launay. . . . 382

Minéraux (Mise en valeur des gîtes, par M. F. Colomer 796

Monteur-électricien (Manuel pratique du), par M. J. Laffargue . 657

Moteurs à explosion (les), par M. Georges Moreau. 645

Moteurs à gaz (les), par M. Georges Moreau 646

Port de Bizerte (Tunisie) (le nouveau), publié par les soins de la Compagnie du Port de Bizerte 788

Tracé et terrassements, par MM. Frick et Canaud 638

Tremper l'acier, le fer, la fonte, le cuivre et le bronze (Traité pratique de l'art de), par M. J.-B. Zabé 797

Verrerie au XX^e^ siècle (la), par M. Léon Appert. 654

CHEMINS DE FER

Procédé rapide de détermination des charges remorquées par les locomotives, par M. R. Soreau (séance du 19 juin). 826

CHIMIE

Procédé pour obturer les fissures d'un cylindre de fonte, par M. Jules Garnier, *observations* de MM. G. Chauveau et D.-A. Casalonga (séance du 20 mars) mémoire. . . . . 402 et 425

CHRONIQUE

Voir *Table des matières spéciale.*

COMPTES RENDUS

Bulletins de janvier, février, mars, avril, mai et juin. . . . 230, 375, 503, 628, 782 et 911

CONGRÈS

De l'Association française pour la protection de la propriété industrielle, à Saint-Étienne les 21 et 22 avril (séance du 3 avril) 517

De l'Association française pour la protection de la propriété industrielle, les 21 et 22 avril *(Compte rendu)*, par M. D.-A. Casalonga (séance du 15 mai). 684

International de chimie appliquée (5e), à Berlin du 2 au 8 juin (séance du 20 février). 275

Des mesures préventives contre le feu, à Londres du 7 au 10 juillet 1903 (séance du 20 février) 275

National des Travaux publics, du 9 au 13 février 1903 (séance du 20 février). 275

Des Sociétés savantes (41e), à Bordeaux du 14 au 18 avril 1903 (séance du 9 janvier) 45

DÉCÈS

MM. W.-H. Barlow, J.-G. Baudot, O. Houbigant, A. Gabelle, H.-P.-L. Lasne, Ch.-A. Saint-James, E.-F. Simon, I.-F.-L. Gillot, N.-F. Vuillaume, P.-E.-F. Bougarel, Ch.-E. Chaperon, J. Lopes d'Almeida, I. Schœnstein, N.-G. Boucher, M.-P.-M. Fauquier, J.-P.-G. Lamboi, H. Guasco, L. Pile, A. Champouillon, M. de Vautheleret, M.-A. Biver, V. Marchal, H.-F. Herpin, P. Wallerstein, G. Tiquet, L. Laporte, D. Dorian, Ch. Monchot, L.-H. Féret, Ch. Parmentier, A.-M.-J. Gueguen, F.-A.-M. Alayoine, J. Deniel, J.-G.-A.-D. Le Bris, R.-M.-J. Le Garrec, H. Paur, E. Stœckel, H.-L. Vuigner, L.-P. Landry, E.-T. Carter, M.-M.-E.-G. Gauthey (séances des 9 et 23 janvier, 6 et 20 février, 6 et 20 mars, 3 et 17 avril, 1er et 15 mai, 5 et 19 juin). . . 45, 50, 269, 274, 393, 400, 516, 521, 668, 683, 810 et 824

DÉCORATIONS FRANÇAISES

Officiers de la Légion d'honneur : MM. E.-A. Hallier, A. Domange, E.-P.-J. Niclausse, A. Darracq.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. E. Bertrand de Fontviolant, H. Mamy, J. Bonnet, L. Cazeau, E. Lahaye, P. Samary, P. Rouget, A. Roy, A.-G.-A. Charpy, J. Robert, A.-F. Clerc, A.-D. Bloche, M. Desbief, E. Vuillaume, Mortier Saint-Fort, P.-A. Jolibois.

Officiers de l'Instruction publique : MM. Dibos, A.-R. Grosdidier, Ch. Jablin-Gonnet, A.-B. Marillier, Gaspard Meyer, G. Michaux, G. Tartary, L.-J.-H. Chevalier.

Officiers d'Académie : MM. Ch. Pelletier, L.-O. Aulanier, S.-J. Boussiron, E.-J.-N. Carrot, Ch. Desbrochers des Loges, J.-L. Flocon, Ch. Gauthier-Lathuille, A.-F. Hiberty, S. Lacube, E.-L. Mera, M. Paré, G.-F. Poydenot, L.-M. Quesnel, J.-J. Sussfeld, J.-H.-Ch. Wittmann, H. Desrumaux, P. Pedrazzi, L. March, P. Journet, J.-J. Loubat, L. Saint-Martin.

Chevaliers du Mérite agricole : MM. A. Paul-Dubos, X. Laprade, H.-E. Lapipe, A.-H. Savy, A. Lang, H. Silvestre, G. Macaire, R. Gross.

DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES

Commandeur de l'Étoile d'Éthiopie : M. G.-H. de Vésine-Larue.

Chevalier du Cambodge : M. Ch. Jablin-Gonnet.

Grand-Officier de Saint-Olaf : M. G. Canet.

Officier de la Couronne d'Italie : M. G. Crugnola.

Chevalier de Léopold de Belgique : M. R. Jacquemart.

(Séances des 9 et 23 janvier, 6 et 20 février, 6 et 20 mars, 3 et 17 avril, 1er et 15 mai, 5 et 19 juin). . . 45, 50, 270, 274, 393, 400, 516, 521, 668, 683, 811 et 825

DIVERS

Bibliothèque de la Société (Suppression de l'ouverture, le soir, de la) (séance du 23 janvier). 51

Bourses de recherches (Avis de l'Iron and Steel Institute, de la création de) (séance du 6 février) 270

Dessinateur universel, par M. le commandant Mahan, *observations* de MM. A. de Gennes, D.-A. Casalonga, P. Bodin (séance du 20 février). . 275

Erratum au bulletin de décembre 1902 240

Installation des Membres du Bureau et du Comité pour l'année 1903. — Discours de M. L. Salomon, président sortant et de M. P. Bodin, président pour 1903 (séance du 9 janvier). . . . . 8, 32 et 47

Monument Giffard (Installation du). *Discours* de M. L. Salomon, président (séance du 9 janvier). 8

Publications périodiques reçues par la Société (liste des) au 1er janvier 1903 241

Situation financière de la Société (séance du 19 juin) 818

Statuts et du règlement de la Société (revision des) (séance du 19 juin) 822

Système métrique aux États-Unis (adoption du), par M. Ch. Lallemand, *observations* de MM. F. Kimbel, Ed. Simon, Ed. Sauvage, R. Soreau, Mascart, P. Chalon, E. Hospitalier, Ch.-Ed. Guillaume, commandant Bourgeois, commandant Mahan, Cheysson, P. Bodin (séance du 1er mai) 669

Technolexique (dictionnaire technique général). (Lettre de la Verein Deutscher Ingenieure au sujet du) (séance du 15 mai) . 683

Visite aux ateliers de Denain, de la Société française de Construction mécanique, par M. A. Mallet 889

DONS ET LEGS

De 25 francs, par M. B. Duchesne (séance du 3 avril). 517

De 39 francs, par M. A. Macdonald (séance du 3 avril). 517

De 425 francs, par M. H. Audemar (séance du 3 avril) 517

De 3 000 francs, par M. Augustin Normand (séance du 5 juin). . 811

De deux obligations de la Société, par Mme Vve E. Durand (séance du 23 janvier). 51

De quatre coupons de l'Emprunt de la Société, par Mme Vve Monchot (séance du 17 avril) 521

ÉLECTRICITÉ

Dactyle électrique (la), par M. O. de Rochefort-Luçay, *observations* de MM. P. Regnard, E. Jacquin, et *lettre* de M. M. Wehrlin (séances des 6 et 20 février) mémoire. . . . . 272, 274 et 346

Électricité à la distribution de la force motrice dans les ateliers et les diverses exploitations industrielles (application de l'), par M. E. de Marchena, *observations* de M. Saint-Martin (séance du 15 mai). 689

Phénomènes périodiquement et rapidement variables (Observation et enregistrement de), par M. E. Hospitalier. *Lettre* de M. L. Laborde (séance du 23 janvier), mémoire. . . . . 50 et 314

EXPOSITIONS

De l'Habitation, des Industries du bâtiment et des Travaux publics, au Grand-Palais des Champs-Élysées de Paris, du 30 juillet au 15 novembre 1903 (séance du 3 avril) 517

De Reims, de mai à septembre 1903 (séance du 6 février). 270

De Saint-Louis en 1904 (Renseignements sur l'Exposition de), par M. H. Laurain (séance du 6 mars) . . . . . 393 et 395

De Saint-Louis (Le Génie Civil à l'Exposition), par M. G. Trélat (séance du 17 avril) 522

GÉNÉRATEURS — MACHINES A VAPEUR

Chaudières et machines à vapeur à l'Exposition de Dusseldorf, par M. Ch. Compère (bulletin de novembre 1903). *Lettre* de M. Desrumaux (séance du 6 février). 260

Circulation de l'eau dans les chaudières à vapeur (Études sur la), par M. A. Montupet, *observations* de MM. Grille, Lencauchez et *lettre* de M. A. Lencauchez (séances des 5 et 19 juin), mémoire. 814, 824 et 832

Machines à vapeur (Quelques progrès récemment réalisés dans les), par M. P. Arrachart, *observations* de MM. D.-A. Casalonga, L. Laborde, M. Pelletier (séance du 20 mars), mémoire . . . . 401 et 543

HYGIÈNE

Air confiné dans les milieux irrespirables (Régénération de l'), par M. le Dr Desgrez, *observations* de MM. G. Anthoni, A. Maury, H. Couriot, H. Limousin (séance du 23 janvier). 52

Habitations à bon marché en France et à l'Étranger (Les), par M. E. Cacheux (séance du 6 mars), mémoire. . . . . 396 et 437

MÉCANIQUE

Frein électro-magnétique Westinghouse, par M. G. Lesourd, *observations* de MM. Cahen-Strauss, P. Regnard, A. Hillairet (séance du 15 mai) 685

Mécaniques des systèmes matériels (Définition des phénomènes), par M. A. Gouilly (séance du 23 janvier), mémoire. . . 56 et 280

MÉTALLURGIE

Fer et de l'acier dans les provinces du Rhin et de la Westphalie (État actuel des industries du), par M. Alexandre Gouvy, *observations* de M. H. Couriot (séance du 6 février), mémoire . . 59 et 270

Fours électriques (Expériences industrielles électro-métallurgiques pour la fonte des minerais dans les), par M. Ch. Vattier (séance du 19 juin). 825

Sidérurgie allemande et l'Exposition de Dusseldorf en 1902 (Les progrès de la), par M. Maurice Métayer (séance du 19 juin) . . 827

MINES

Exploitation des carrières aux États-Unis, par M. A. de Gennes, *observations* de MM. H. Couriot, P. Rouget (séance du 26 février), mémoire . . . . . 277 et 427

MOTEURS

Moteur à gaz et récupération des calories actuellement perdues, par M. Jules Garnier, *observation* de M. G. Chauveau (séance du 20 mars), mémoire . . . . . 402 et 415

Moteurs à pétrole à bord des bateaux de pêche (De l'emploi des), par M. J. Pérard (séance du 3 avril), mémoire. . . . . 468 et 517

Moteurs à pétrole à la navigation (Application des), par M. A. Bochet, *observations* de M. J. Pérard (séance du 5 juin), mémoire. 812 et 877

NÉCROLOGIE

Sur M. Henri Lasne, par M. Auguste Moreau 358

Sur M. Henri Paur, par M. A. Mallet. 893

NOMINATIONS

De MM. A. Bricard, H. Garnier, P. Mallet, A. Marsaux, S. Pozzy, G. Salmon, comme Membres de la Chambre de Commerce de Paris, et de MM. A. Dufrène et Ed. Michaud comme Secrétaires (séance du 23 janvier). 51

De MM. Ch. Prevet, F. Reymond, E. Lahaye, E. Gruner, G. Sohier, J. Fleury, comme Membres du Comité consultatif des Chemins de fer (séance du 6 février). 270

De MM. L. Boudenoot et G. Bresson, comme Membres du Conseil de perfectionnement de l'École supérieure des Mines (séance du 6 février). . . . 270

De MM. L. Baclé, A. Barbet, Ed. Coignet, comme Jurés titulaires et MM. J. Grouvelle, F. Honoré, Th. Seyrig, comme Jurés supplémentaires du Prix Nozo (séance du 6 février) 270

De M. Ch. Compère, comme Secrétaire général du département des machines à l'Exposition de Saint-Louis (séance du 1er mai). 668

De M. Jablin-Gonnet, comme délégué du Ministère du Commerce et de l'Industrie au Congrès de chimie de Berlin (séance du 5 juin) 811

De MM. J. Coignet, P. Medebielle, A. Bochet, G. Forgue, G. Richou, Ch. Pinat, P. Lévy Salvador, comme Membres de la Commission chargée de l'étude des mesures législatives à prendre en vue d'assurer une meilleure utilisation des forces hydrauliques provenant des cours d'eau non navigables, ni flottables (séance du 19 juin) 825

OUVRAGES, MÉMOIRES ET MANUSCRITS REÇUS

Bulletins de janvier, février, mars, avril, mai et juin. 1, 261, 385, 509, 661 et 801

PHYSIQUE

Radium — La Radioactivité — Hypothèses par M. Paul Besson, *lettre* de M. D.-A. Casalonga (séances des 3 avril, 15 mai et 5 juin), mémoire . . . . . 455, 519, 683 et 810

PLANCHES

N^os^ 46 à 54.

PRIX ET RÉCOMPENSES

Médailles d'or décernées à MM. J.-M. Bel, P. Jolibois et L. Poillon, à l'occasion de l'Exposition d'Hanoï (séances des 15 mai et 5 juin). 683 et 811

Médaille d'or décernée à M. M. Sohm, par la Société Industrielle du Nord de la France (séance du 20 mars) 400

Médaille d'or décernée à M. A. Lencauchez par la Société Technique de l'Industrie du Gaz en France (séance du 5 juin) 811

Prix Annuel (1903) décerné à M. M. Dibos (séance du 19 juin) 822

Prix Gottschalk (triennal 1903) décerné à M. M. Pelletier (séance du 19 juin) 823

Prix Nozo (triennal 1903) décerné à M. A. Gouvy (séance du 19 juin) 823

Prix Henri Schneider 1903, décernés à :

1re Section : *Métallurgie.* — M. F. Osmond.

2e — *Mines.* — MM. H. Audemar, C. Grand'Eury, D. Murgue, Elie Reumaux.

3e — *Constructions mécaniques.* — MM. A. Mallet, G. Richard, A. Witz.

4e — *Construction métalliques.* — MM. Maurice Lévy, Maurice Koechlin, E. Bertrand de Fontviolant.

5e — *Constructions électriques.* — MM. J. Joubert, Marcel Deprez.

6e — *Constructions navales.* — MM. E. Bertin. A. Normand.

7e — *Artillerie et défenses métalliques de terre et de bord.* — MM. le général Sebert, A. Sarrau.

(Séance du 9 janvier) 13

Prix (grand) décerné à M. L. Chandora à l'occasion de l'Exposition d'Hanoï (séance du 19 juin) 825

TRAVAUX PUBLICS

Câbles témoins (Note sur les), par M. F. Arnodin, *observation* de M. A. Loreau (séance du 20 février), mémoire. . . . . 276 et 405

Phares du Sud de la Mer Rouge et leur utilisation, par M. J. Bénard, *observation* de M. le baron Quinette de Rochemont (séance du 17 avril), mémoire . . . . . 524 et 583

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

NOMS D'AUTEURS

DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1903.

(Bulletins de janvier à juin.)

Arnodin (F.). — Note sur les Câbles témoins, système F. Arnodin (bulletin de mars). 405

Arrachart (P.). — Quelques progrès récemment réalisés dans les machines à vapeur (bulletin d'avril). 543

Bénard (J.). — Les phares du sud de la mer Rouge et leur installation (bulletin d'avril) 583

Besson (P.). — Le Radium. — La Radioactivité. — Hypothèses (bulletin de mars). 455

Bochet (A.). — Application des moteurs à pétrole à la navigation (bulletin de juin). 877

Cacheux (E.). — Les habitations à bon marché en France et à l'Étranger (bulletin de mars). 437

Dibos (M.). — Récents sondages de l'atmosphère pour la traversée du Sahara en ballon (bulletin d'avril). 527

Garnier (J.). — Moteur à gaz et récupération des calories actuellement perdues (bulletin de mars). 415

Garnier (J.). — Procédé pour obturer les fissures d'un cylindre de fonte (bulletin de mars). 425

de Gennes (A.). — L'exploitation des carrières aux États-Unis (bulletin de mars). 427

Gouilly (A.). — Définition des phénomènes. — Application de la mécanique des systèmes matériels (bulletin de février) 280

Gouvy (A.). — État actuel des industries du fer et de l'acier dans les provinces du Rhin et de la Westphalie (bulletin de janvier) 59

Hospitalier (E.). — Sur l'observation et l'enregistrement de phénomènes périodiquement et rapidement variables (bulletin de février). . 314

Lesourd (G.). — Frein électro-magnétique Westinghouse (bulletin de mai). 694

Mallet (A.). — Visite aux ateliers de Denain, de la Société française de Constructions Mécaniques (bulletin de juin). 889

de Marchena (E.). — Applications de l'électricité à la distribution de la force motrice dans les ateliers et les diverses exploitations industrielles (bulletin de mai). 707

Montupet (A.). — Études sur la circulation de l'eau dans les chaudières à vapeur (bulletin de juin). 832

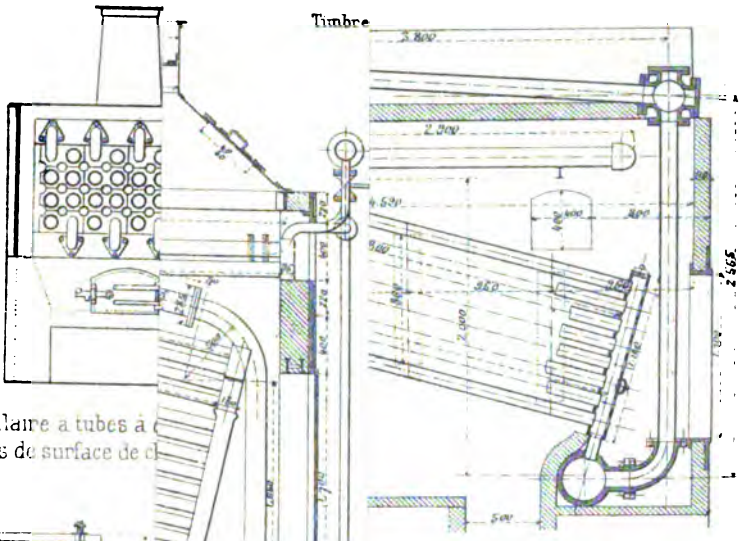
Pérard (J.). — De l'emploi des moteurs à pétrole à bord des bateaux de pêche (bulletin de mars). 468

Rochefort (O.). — La Dactyle électrique (bulletin de février) 346

Le Gérant, Secrétaire Administratif.
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 13036-7-03. — (Encre Lorilleux).

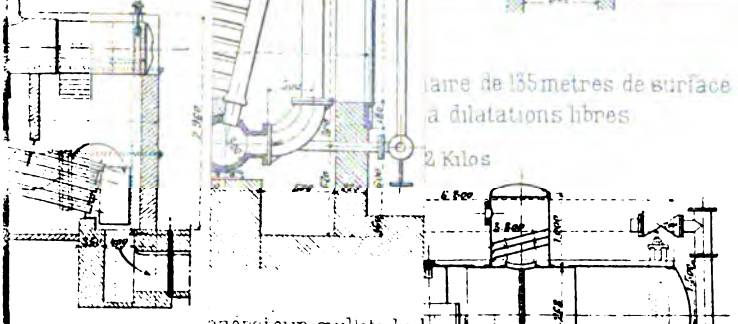
tubulaire à retour
bulaire de 140 mètre
lairage Electrique d
mètres de surface de chauffe
s



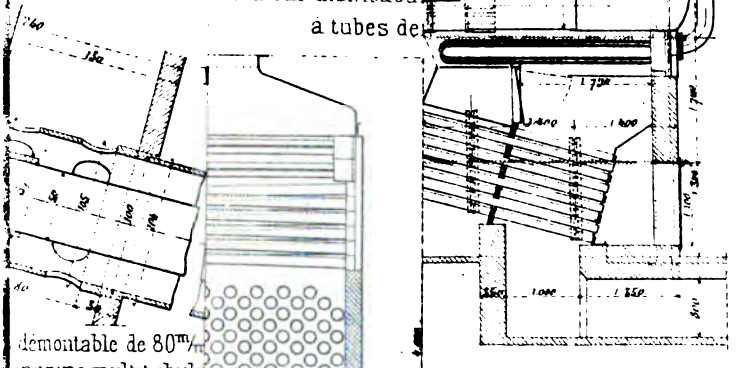
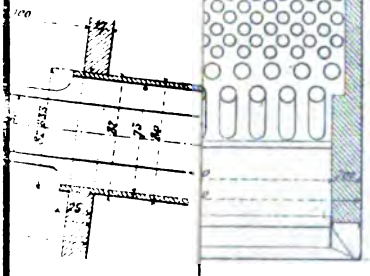
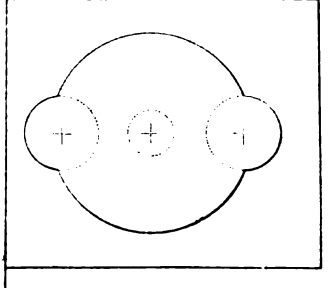
ubulaire à tubes à
res de surface de c

laire de 135 mètres de surface
à dilatations libres

2 Kilos



énérateur multitubul
à tubes de



démontable de 80m/
marine multitubula